

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-307949  
(P2000-307949A)

(43) 公開日 平成12年11月2日 (2000.11.2)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 4 N 5/262		H 0 4 N 5/262	5 B 0 5 0
G 0 6 T 15/70		G 0 6 F 15/62	3 4 0 K 5 B 0 5 7
7/00			4 1 5 5 C 0 2 3

審査請求 未請求 請求項の数71 O L (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願平11-202300

(22) 出願日 平成11年7月15日 (1999.7.15)

(31) 優先権主張番号 特願平11-41354

(32) 優先日 平成11年2月19日 (1999.2.19)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

特許法第30条第1項適用申請有り 1998年8月19日 日本バーチャルリアリティ学会発行の「日本バーチャルリアリティ学会第3回大会論文集」に発表

(71) 出願人 397024225

株式会社エム・アール・システム研究所  
神奈川県横浜市西区花咲町6丁目145番地

(72) 発明者 遠藤 隆明

横浜市西区花咲町6丁目145番地 横浜花  
咲ビル 株式会社エム・アール・システム  
研究所内

(72) 発明者 片山 昭宏

横浜市西区花咲町6丁目145番地 横浜花  
咲ビル 株式会社エム・アール・システム  
研究所内

(74) 代理人 100076428

弁理士 大塚 康徳 (外2名)

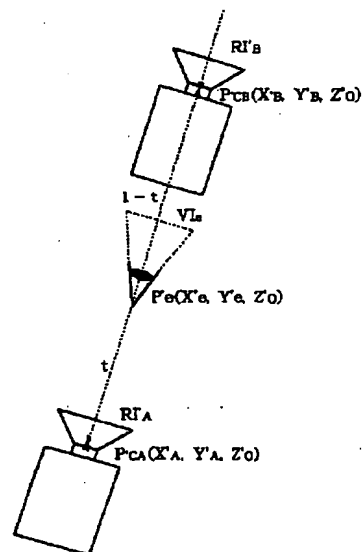
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像の補間方法、画像処理方法、画像表示方法、画像処理装置、画像表示装置、及びコンピュータプログラム記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】 広い移動範囲でも、制約が無く補間画像を生成する方法を提案するものである。

【解決手段】 2つの実画像が包含関係にある場合には、両画像を光軸が一致するように回転し、回転後の両画像に非線形の補間処理を施し、更に補間画像をユーザの視線方向に回転する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の視点位置と第 2 の視点位置において夫々得られた第 1 と第 2 の画像に基づいて、前記 2 つの視点位置と異なるユーザ視点位置における補間画像を生成する方法であって、

前記第 1 の画像と第 2 の画像を、それらを夫々撮影したカメラの光軸が、前記第 1 の視点位置と前記第 2 の視点位置との間を結ぶ基線方向に略一致する第 1 の方向となるように、前記第 1 の視点位置と第 2 の視点位置の夫々の周りに回転する第 1 の回転工程と、

所定の特徴点についての前記第 1 の画像中の第 1 の対応点の座標と前記特徴点の前記第 2 の画像中の第 2 の対応点の座標に非線形の比例配分を施すことにより、前記ユーザ視点位置において前記第 1 の方向を視線方向として有する補間画像の対応点の座標を演算する第 1 の座標補間工程と、

前記補間画像を前記第 1 の方向から前記ユーザ視点位置における視線方向に回転し、回転後の画像を補間画像として出力する第 2 の回転工程とを具備することを特徴とする画像の補間方法。

【請求項 2】 前記第 1 の画像の視野が前記第 2 の画像のレンズ中心を含むか否か、あるいは前記第 2 の画像の視野が前記第 1 の画像のレンズ中心を含むか否かを判断する判断工程を更に具備し、  
前記第 1 の回転工程は、肯定と判断された場合に実行されることを特徴とする請求項 1 に記載の画像の補間方法。

【請求項 3】 前記第 1 の画像の視野が前記第 2 の画像のレンズ中心を含むか否か、あるいは前記第 2 の画像の視野が前記第 1 の画像のレンズ中心を含むか否かを判断する判断工程と、

前記判断工程での判断結果が否である場合に、前記第 1 の回転工程を実行せずに、前記第 1 の画像と第 2 の画像とを、それらの光軸を前記基線方向に夫々略直交するように、前記第 1 の視点位置と第 2 の視点位置の夫々の周りに回転する第 3 の回転工程と、

前記第 1 の画像の第 1 の対応点の座標と前記第 2 の画像の第 2 の対応点の座標に線形の比例配分を施すことにより、前記ユーザ視点位置において前記基線方向に直交する第 2 の方向を視線方向として有する補間画像の対応点の座標を演算す

る第 2 の座標補間工程と、前記補間画像を前記第 2 の方向から前記ユーザ視点位置における視線方向に回転し、回転後の画像を補間画像として出力する第 4 の回転工程とを具備することを特徴とする請求項 1 乃至 2 のいずれかに記載の画像の補間方法。

【請求項 4】 前記ユーザ視点位置は、前記第 1 の視点位置と前記第 2 の視点位置との間を、 $t$  対  $1-t$  に内分する場合に、

前記第 1 の座標補間工程における前記非線形の比例配

処理は、前記補間画像の座標の逆数値  $1/x_e$  が、前記第 1 の対応点座標の逆数値  $1/x_a$  と前記第 2 の対応点の座標の逆数値  $1/x_b$  を  $t$  対  $1-t$  に内分することにより得られるものであることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の画像の補間方法。

【請求項 5】 前記ユーザ視点位置は、前記第 1 の視点位置と前記第 2 の視点位置との間を、 $t$  対  $1-t$  に内分する場合に、

前記第 2 の座標補間工程における前記線形の比例配分処理は、前記補間画像の座標値  $x_e$  が、前記第 1 の対応点の座標値  $x_a$  と前記第 2 の対応点の座標値  $x_b$  を  $t$  対  $1-t$  に内分することにより得られるものであることを特徴とする請求項 3 に記載の画像の補間方法。

【請求項 6】 前記第 1 の画像と前記第 2 の画像とは少なくとも同じ対象物に由来する対応点の画像データを有するか否かを判断する工程を更に具備することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の画像の補間方法。

【請求項 7】 前記第 1 の画像と前記第 2 の画像とは少なくとも同じ対象物に由来する対応点の画像データを有さないときには、画像データベースから、少なくともも対応点を有する他の画像を探索する工程を更に具備することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の画像の補間方法。

【請求項 8】 前記第 1 と第 2 の視点位置は、撮像時のカメラ視点位置とカメラの光軸方向によって規定され、前記ユーザ視点位置は、ユーザの視点位置とユーザの視線方向によって規定されることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の画像の補間方法。

【請求項 9】 前記第 2 の回転工程または第 4 の回転工程から出力される補間画像はパノラマ画像としてユーザに提示されることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の画像の補間方法。

【請求項 10】 第 1 の視点位置と第 2 の視点位置と第 3 の視点位置において夫々得られた第 1 の画像と第 2 の画像と第 3 の画像とに基づいて、前記 3 つの視点位置と異なるユーザ視点位置における補間画像を生成する方法であって、

前記第 1 の画像乃至第 3 の画像のいずれか 2 つが包含関係にあるか否かを判断する判断工程と、

前記ユーザ視点位置と前記第 1 の視点位置乃至第 3 の視点位置との関係に基づいて、第 1 の内分比と第 2 の内分比とを求める内分比演算工程と、

包含関係にある視点位置を有する任意の 2 つの画像に対して、非線形比例配分処理を施すことにより、前記 2 つの視点位置間の内分点位置において基線方向の視線方向を有する一時仮想画像を補間生成する第 1 の座標補間工程と、

包含関係にない視点位置を有する任意の 2 つの画像に対して、線形比例配分処理を施すことにより、前記 2 つの

視点位置間の内分点位置において基線方向に直交する方向の視線方向を有する一時仮想画像を補間生成する第2の座標補間工程と、

前記第1の画像と第2の画像が包含関係にあるかないかに応じて、前記第1の画像と第2の画像に対して、前記第1の内分比を用いて前記第1のモーフィング処理又は第2のモーフィング処理のいずれか一方を施すことにより、前記第1の内分比に対応する内分点位置における一時仮想画像を生成する第1画像補間工程と、

前記一時仮想画像と第3の画像が包含関係にあるかないかに応じて、前記一時仮想画像と第3の画像に対して、前記第2の内分比を用いて前記第1のモーフィング処理又は第2のモーフィング処理のいずれか一方を施すことにより、前記第2の内分比に対応する前記ユーザ視点位置における補間画像を生成する第2画像補間工程と、第2画像補間工程において得られた前記補間画像を前記ユーザ視点位置における視線方向に回転し、回転後の画像を補間画像として出力する回転工程とを具備することを特徴とする画像の補間方法。

【請求項11】 前記第1の座標補間工程においては、前記任意の2つの画像を夫々の視点位置において、基線方向に前記任意の2つの画像を回転して夫々の光軸を一致させる工程を具備し、回転された2つの画像に対して前記補間処理が施されることを特徴とする請求項10に記載の画像の補間方法。

【請求項12】 前記第2の座標補間工程においては、前記任意の2つの画像を夫々の視点位置において、基線方向に直交する方向に前記任意の2つの画像を回転して前記任意の2つの画像を平行にする工程を具備し、回転された2つの画像に対して前記補間処理が施されることを特徴とする請求項10または11に記載の画像の補間方法。

【請求項13】 前記判断工程は、一方の画像の視野が他方の画像のレンズ中心を含むか否かを判断することを特徴とする請求項10乃至12のいずれかに記載の画像の補間方法。

【請求項14】 前記第1の視点位置と前記第2の視点位置との間を前記第1の内分比に分割する一時仮想位置 $P_t$ と、前記第3の視点位置との間を前記第2の内分比に分割する視点位置は前記ユーザ視点位置に一致することを特徴とする請求項10乃至13のいずれかに記載の画像の補間方法。

【請求項15】 前記第1の座標補間工程においては、前記一時仮想画像の座標の逆数値 $1/x_a$ が、前記2つの画像の一方の第1の対応点の座標の逆数値 $1/x_a$ と、他方の画像の第2の対応点の座標の逆数値 $1/x_b$ を前記第1の内分比に内分することにより得られることを特徴とする請求項10乃至14のいずれかに記載の画像の補間方法。

【請求項16】 前記第2の座標補間工程においては、前記一時仮想画像の座標値 $x_a$ が、前記2つの画像の一方

の第1の対応点の座標値 $x_a$ と、他方の画像の第2の対応点の座標値 $x_b$ を前記第2の内分比に内分することにより得られることを特徴とする請求項10乃至15に記載の画像の補間方法。

【請求項17】 前記第1の画像乃至第3の画像は少なくとも同じ対象物に由来する対応点の画像データを有するか否かを判断する工程を更に具備することを特徴とする請求項10乃至16のいずれかに記載の画像の補間方法。

【請求項18】 前記第1の画像乃至第3の画像は少なくとも同じ対象物に由来する対応点の画像データを有さないときには、画像データベースから、少なくとも対応点を有する他の画像を探索する工程を更に具備することを特徴とする請求項10乃至17のいずれかに記載の画像の補間方法。

【請求項19】 前記第1乃至第3の画像の視点位置は、撮像時のカメラ視点位置とカメラの光軸方向によって規定され、前記ユーザ視点位置は、ユーザの視点位置とユーザの視線方向によって規定されることを特徴とする請求項10乃至18のいずれかに記載の画像の補間方法。

【請求項20】 前記回転工程から出力される補間画像はパノラマ画像としてユーザに提示されることを特徴とする請求項10乃至19のいずれかに記載の画像の補間方法。

【請求項21】 複数の画像を夫々の視点位置情報と共に予め記憶する画像データベースと、ユーザの視線方向を視点位置と共に検出する手段と、ユーザの視線方向の対応点を含む第1乃至第3の画像を前記画像データベースから探索する手段と、

前記第1の画像乃至第3の画像のいずれか2つが包含関係にあるか否かを判断する判断手段と、

前記ユーザ視点位置と前記第1の視点位置乃至第3の視点位置との関係に基づいて、第1の内分比と第2の内分比とを求める内分比演算手段と、

包含関係にある視点位置を有する任意の2つの画像に対して、非線形比例配分処理を施すことにより、前記2つの視点位置間の内分点位置において基線方向の視線方向を有する一時仮想画像を補間生成する第1の座標補間手段と、

包含関係にない視点位置を有する任意の2つの画像に対して、線形比例配分処理を施すことにより、前記2つの視点位置間の内分点位置において基線方向に直交する方向の視線方向を有する一時仮想画像を補間生成する第2の座標補間手段と、

前記第1の画像と第2の画像が包含関係にあるかないかに応じて、前記第1の画像と第2の画像に対して、前記第1の内分比を用いて前記第1のモーフィング処理又は第2のモーフィング処理のいずれか一方を施すことにより、前記第1の内分比に対応する内分点位置における一

時仮想画像を生成する第1画像補間手段と、  
前記一時仮想画像と第3の画像が包含関係にあるかないかに応じて、前記一時仮想画像と第3の画像に対して、前記第2の内分比を用いて前記第1のモーフィング処理又は第2のモーフィング処理のいずれか一方を施すことにより、前記第2の内分比に対応する前記ユーザ視点位置における補間画像を生成する第2画像補間手段と、第2画像補間手段において得られた前記補間画像を前記ユーザ視点位置における視線方向に回転し、回転後の画像を補間画像として出力する回転手段とを具備することを特徴とする画像処理装置。

【請求項22】 前記第1の座標補間手段においては、前記任意の2つの画像を夫々の視点位置において、基線方向に前記任意の2つの画像を回転して夫々の光軸を一致させる手段を具備し、回転された2つの画像に対して前記補間処理が施されることを特徴とする請求項21に記載の画像処理装置。

【請求項23】 前記第2の座標補間手段においては、前記任意の2つの画像を夫々の視点位置において、基線方向に直交する方向に前記任意の2つの画像を回転して前記任意の2つの画像を平行にする手段を具備し、回転された2つの画像に対して前記補間処理が施されることを特徴とする請求項21または22に記載の画像処理装置。

【請求項24】 前記判断手段は、一方の画像の視野が他方の画像のレンズ中心を含むか否かを判断することを特徴とする請求項21乃至23のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項25】 前記第1の視点位置と前記第2の視点位置との間を前記第1の内分比に分割する一時仮想位置 $P_t$ と、前記第3の視点位置との間を前記第2の内分比に分割する視点位置は前記ユーザ視点位置に一致することを特徴とする請求項21乃至24のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項26】 前記第1の座標補間手段においては、前記一時仮想画像の座標の逆数値 $1/x_a$ が、前記2つの画像の一方の第1の対応点の座標の逆数値 $1/x_a$ と、他方の画像の第2の対応点の座標の逆数値 $1/x_b$ を前記第1の内分比に内分することにより得られることを特徴とする請求項21乃至25のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項27】 前記第2の座標補間手段においては、前記一時仮想画像の座標値 $x_a$ が、前記2つの画像の一方の第1の対応点の座標値 $x_a$ と、他方の画像の第2の対応点の座標値 $x_b$ を前記第2の内分比に内分することにより得られることを特徴とする請求項21乃至26に記載の画像処理装置。

【請求項28】 前記第1の画像乃至第3の画像は少なくとも同じ対象物に由来する対応点の画像データを有するか否かを判断する手段を更に具備することを特徴とする請求項21乃至27のいずれかに記載の画像処理装

置。

【請求項29】 前記第1の画像乃至第3の画像が少なくとも同じ対象物に由来する対応点の画像データを有さないときには、画像データベースから、少なくとも対応点を有する他の画像を探索する手段を更に具備することを特徴とする請求項21乃至28のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項30】 前記第1乃至第3の画像の視点位置は、撮像時のカメラ視点位置とカメラの光軸方向によって規定され、前記ユーザ視点位置は、ユーザの視点位置とユーザの視線方向によって規定されることを特徴とする請求項21乃至29のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項31】 前記回転手段から出力される補間画像はパノラマ画像としてユーザに提示されることを特徴とする請求項21乃至30のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項32】 前記第1画像補間手段により生成された一時仮想画像をその視点位置情報と共に前記画像データベースに記憶する手段を更に具備することを特徴とする請求項21乃至31のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項33】 前記第2画像補間手段により生成された一時仮想画像をその視点位置情報と共に前記画像データベースに記憶する手段を更に具備することを特徴とする請求項21乃至32のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項34】 コンピュータにより実行されるプログラムを記憶するプログラム記憶媒体であって、請求項1乃至20のいずれかに記載の補間方法を実現するプログラムコードを記憶するコンピュータプログラム記憶媒体。

【請求項35】 対象物体を第1と第2の視点位置において夫々撮像した第1と第2の二次元画像を処理してモーフィング画像を生成する画像処理装置であって、前記第1の二次元画像を前記第1の視点位置からの複数の奥行き距離の夫々に応じて複数の第1の二次元部分画像に分割すると共に、前記第2の二次元画像を前記第2の視点位置からの複数の奥行き距離の夫々に応じて複数の第2の二次元部分画像に分割する分割手段を具備することを特徴とする画像処理装置。

【請求項36】 前記分割手段は、前記第1と第2の二次元画像を表示する表示手段と、ユーザに、表示された前記第1と第2の二次元画像内の夫々の部分領域を、これらに奥行き距離に対応する階層情報を付して、一対の二次元部分画像として指定する第1の指定手段とを具備することを特徴とする請求項35に記載の画像処理装置。

【請求項37】 前記第1の指定手段は、前記任意視点位置に対してより近い方の階層に属する二

次元部分画像によって、より遠い方の階層に属する二次元部分画像が隠されている部分領域を前記表示手段上において指定する第2の指定手段と、

前記隠されている部分領域の画素値をユーザにタッチ処理可能にさせるタッチ手段とを具備することを特徴とする請求項36に記載の画像処理装置。

【請求項38】 前記第1の指定手段は、第1階層情報値を有する一対の二次元部分画像について、前記第1階層情報値以外の値の第2階層情報値を有する1つまたは複数対の二次元部分画像の画素値を所定の固定値に書き換える書き換え手段を具備することを特徴とする請求項36に記載の画像処理装置。

【請求項39】 前記所定の固定値は黒を示す画素値であることを特徴とする請求項38に記載の画像処理装置。

【請求項40】 前記分割手段は、ある階層に対応する一対の第1と第2の二次元部分画像において、複数の部分領域を指定する第3の指定手段を具備することを特徴とする請求項35乃至39のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項41】 前記分割手段は、元の第1と第2の二次元画像と、複数対の二次元部分画像と、階層情報とを併せて記憶することを特徴とする請求項35乃至40のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項42】 請求項35乃至41のいずれかに記載の画像処理装置によって生成され記憶された複数対の二次元部分画像を読み出して、任意の視点位置からの画像を生成するモーフィング処理を施す画像表示装置であって、

各奥行き距離に対応する一対の第1の二次元部分画像と第2の二次元部分画像とに基づいて、任意の視点位置からの部分モーフィング画像を生成する処理を、全ての奥行き距離に対応する二次元部分画像の対に対して行う第1のモーフィング処理手段と、

前記第1のモーフィング処理手段により生成された各奥行き距離に対応する部分モーフィング画像を合成し、合成画像を所定の表示装置に表示する表示手段とを具備することを特徴とする画像表示装置。

【請求項43】 ウォークスルーアプリケーションに適用したことを特徴とする請求項42に記載の画像表示装置。

【請求項44】 前記任意の視点位置に関する情報を入力する入力手段を更に具備することを特徴とする請求項43に記載の画像表示装置。

【請求項45】 前記入力手段は、視点位置の値を仮想的に変更することを特徴とする請求項44に記載の画像表示装置。

【請求項46】 前記第1と第2の二次元画像に直接基づいてモーフィング画像を生成する第2のモーフィング

処理手段と、

前記第1のモーフィング処理手段と第2のモーフィング処理手段とを選択的に切り替える切換手段とを更に具備することを特徴とする請求項42乃至45のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項47】 前記任意の視点位置に関する情報を入力する入力手段と、

ウォークスルー仮想空間内の任意のウォークスルー経路について、そのウォークスルー経路にユーザの視点位置が存在した場合に、前記第1のモーフィング処理と第2のモーフィング処理のいずれを適用すべきかを前もって決定しておき、その決定結果を表す情報を前記ウォークスルー経路の位置と共に記憶するメモリとを具備し、前記切換手段は、前記入力手段が入力した視点位置の情報に対応する決定結果情報を前記メモリから取り出し、この情報を基にして前記第1のモーフィング処理手段と第2のモーフィング処理手段のいずれかを選択して動作させることを特徴とする請求項46に記載の画像表示装置。

【請求項48】 前記第1のモーフィング処理手段は、複数の画像を夫々の視点位置情報と共に前もって記憶する画像データベースと、

ユーザの視線方向を視点位置と共に検出する手段と、ユーザの視線方向の対応点を含む第1乃至第3の画像を前記画像データベースから探索する手段と、

前記第1の画像乃至第3の画像のいずれか2つが包含関係にあるかを判断する判断手段と、

前記ユーザ視点位置と前記第1の視点位置乃至第3の視点位置との関係に基づいて、第1の内分比と第2の内分比とを求める内分比演算手段と、

包含関係にある視点位置を有する任意の2つの画像に対して、非線形比例配分処理を施すことにより、前記2つの視点位置間の内分点位置において基線方向の視線方向を有する一時仮想画像を補間生成する第1の座標補間手段と、

包含関係にない視点位置を有する任意の2つの画像に対して、線形比例配分処理を施すことにより、前記2つの視点位置間の内分点位置において基線方向に直交する方向の視線方向を有する一時仮想画像を補間生成する第2の座標補間手段と、

前記第1の画像と第2の画像が包含関係にあるかないかに応じて、前記第1の画像と第2の画像に対して、前記第1の内分比を用いて前記第1のモーフィング処理又は第2のモーフィング処理のいずれか一方を施すことにより、前記第1の内分比に対応する内分点位置における一時仮想画像を生成する第1画像補間手段と、

前記一時仮想画像と第3の画像が包含関係にあるかないかに応じて、前記一時仮想画像と第3の画像に対して、前記第2の内分比を用いて前記第1のモーフィング処理又は第2のモーフィング処理のいずれか一方を施すこと

により、前記第2の内分比に対応する前記ユーザ視点位置における補間画像を生成する第2画像補間手段と、第2画像補間手段において得られた前記補間画像を前記ユーザ視点位置における視線方向に回転し、回転後の画像を補間画像として出力する回転手段とを具備することを特徴とする請求項4乃至47のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項49】 モーフィング画像を生成する目的で、対象物体を第1と第2の視点位置において夫々撮像した第1と第2の二次元画像を処理する画像処理方法であつて、

前記第1の二次元画像を前記第1の視点位置からの複数の奥行き距離の夫々に応じて複数の第1の二次元部分画像に分割すると共に、前記第2の二次元画像を前記第2の視点位置からの複数の奥行き距離の夫々に応じて複数の第2の二次元部分画像に分割する分割工程を具備することを特徴とする画像処理方法。

【請求項50】 前記分割工程は、前記第1と第2の二次元画像を表示する表示工程と、ユーザに、表示された前記第1と第2の二次元画像内の夫々の部分領域を、これらに奥行き距離に対応する階層情報を付して、一対の二次元部分画像として指定する第1の指定工程とを具備することを特徴とする請求項49に記載の画像処理方法。

【請求項51】 前記第1の指定工程は、前記任意視点位置に対してより近い方の階層に属する二次元部分画像によって、より遠い方の階層に属する二次元部分画像が隠されている部分領域を前記表示工程上において指定する第2の指定工程と、前記隠されている部分領域の画素値をユーザにレタッチ処理可能にさせるレタッチ工程とを具備することを特徴とする請求項50に記載の画像処理方法。

【請求項52】 前記第1の指定工程は、第1階層情報値を有する一対の二次元部分画像について、前記第1階層情報値以外の値の第2階層情報値を有する1つまたは複数対の二次元部分画像の画素値を所定の固定値に書き換える書き換え工程を具備することを特徴とする請求項50に記載の画像処理方法。

【請求項53】 前記所定の固定値は黒を示す画素値であることを特徴とする請求項52に記載の画像処理方法。

【請求項54】 前記分割工程は、ある階層に対応する一対の第1と第2の二次元部分画像において、複数の部分領域を指定する第3の指定工程を具備することを特徴とする請求項49乃至53のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項55】 前記分割工程は、元の第1と第2の二次元画像と、複数対の二次元部分画像と、階層情報とを併せて記憶することを特徴とする請求項4

9乃至54のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項56】 請求項49乃至55のいずれかに記載の画像処理方法によって生成され記憶された複数対の二次元部分画像を読み出して、任意の視点位置からの画像を生成するモーフィング処理を施す画像表示方法であつて、

各奥行き距離に対応する一対の第1の二次元部分画像と第2の二次元部分画像とに基づいて、任意の視点位置からの部分モーフィング画像を生成する処理を、全ての奥行き距離に対応する二次元部分画像の対に対して行う第1のモーフィング処理工程と、

前記第1のモーフィング処理工程により生成された各奥行き距離に対応する部分モーフィング画像を合成し、合成画像を所定の表示装置に表示する表示工程とを具備することを特徴とする画像表示方法。

【請求項57】 ウォークスルーアプリケーションに適用したことを特徴とする請求項56に記載の画像表示方法。

【請求項58】 前記任意の視点位置に関する情報を入力する入力工程を更に具備することを特徴とする請求項57に記載の画像表示方法。

【請求項59】 前記入力工程は、視点位置の値を仮想的に変更することを特徴とする請求項44に記載の画像表示方法。

【請求項60】 前記第1と第2の二次元画像に直接基づいてモーフィング画像を生成する第2のモーフィング処理工程と、

前記第1のモーフィング処理工程と第2のモーフィング処理工程とを選択的に切り替える切換工程とを更に具備することを特徴とする請求項56乃至59のいずれかに記載の画像表示方法。

【請求項61】 前記任意の視点位置に関する情報を入力する入力工程と、

ウォークスルー仮想空間内の任意のウォークスルー経路について、そのウォークスルー経路にユーザの視点位置が存在した場合に、前記第1のモーフィング処理と第2のモーフィング処理のいずれを適用すべきかを前もって決定しておき、その決定結果を表す情報を前記ウォークスルー経路の位置と共に記憶するメモリとを具備し、前記切換工程は、前記入力工程が入力した視点位置の情報に対応する決定結果情報を前記メモリから取り出し、この情報を基にして前記第1のモーフィング処理工程と第2のモーフィング処理工程のいずれかを選択して動作させることを特徴とする請求項60に記載の画像表示方法。

【請求項62】 前記第1のモーフィング処理工程は、複数の画像を夫々の視点位置情報と共に前もって記憶する画像データベースと、

ユーザの視線方向を視点位置と共に検出する工程と、ユーザの視線方向の対応点を含む第1乃至第3の画像を

前記画像データベースから探索する工程と、  
前記第1の画像乃至第3の画像のいずれか2つが包含関係にあるか否かを判断する判断工程と、  
前記ユーザ視点位置と前記第1の視点位置乃至第3の視点位置との関係に基づいて、第1の内分比と第2の内分比とを求める内分比演算工程と、

包含関係にある視点位置を有する任意の2つの画像に対して、非線形比例配分処理を施すことにより、前記2つの視点位置間の内分点位置において基線方向の視線方向を有する一時仮想画像を補間生成する第1の座標補間工程と、

包含関係にない視点位置を有する任意の2つの画像に対して、線形比例配分処理を施すことにより、前記2つの視点位置間の内分点位置において基線方向に直交する方向の視線方向を有する一時仮想画像を補間生成する第2の座標補間工程と、

前記第1の画像と第2の画像が包含関係にあるかないかに応じて、前記第1の画像と第2の画像に対して、前記第1の内分比を用いて前記第1のモーフィング処理又は第2のモーフィング処理のいずれか一方を施すことにより、前記第1の内分比に対応する内分点位置における一時仮想画像を生成する第1画像補間工程と、

前記一時仮想画像と第3の画像が包含関係にあるかないかに応じて、前記一時仮想画像と第3の画像に対して、前記第2の内分比を用いて前記第1のモーフィング処理又は第2のモーフィング処理のいずれか一方を施すことにより、前記第2の内分比に対応する前記ユーザ視点位置における補間画像を生成する第2画像補間工程と、  
第2画像補間工程において得られた前記補間画像を前記ユーザ視点位置における視線方向に回転し、回転後の画像を補間画像として出力する回転工程とを具備することを特徴とする請求項5乃至6のいずれかに記載の画像表示方法。

【請求項63】 コンピュータにより実行されるプログラムを記憶するプログラム記憶媒体であって、請求項49乃至62のいずれかに記載の方法を実現するプログラムコードを記憶するコンピュータプログラム記憶媒体。

【請求項64】 互いに異なる複数の位置において撮影された複数の画像を補間処理して、前記複数の位置とは異なる視点位置における画像を生成する画像処理装置であって、

前記複数の画像間において、一方の画像が他方の画像に含まれる包含関係の有無を判別する判別手段と、

前記判別手段の判別結果に基づいて、前記複数の画像を補間処理する画像処理手段とを備え、

前記画像処理手段は、前記判別手段によって前記複数の画像間に包含関係が存在する場合と存在しない場合とで、補間方法を異ならせるように構成されていることを特徴とする画像処理装置。

【請求項65】 前記画像処理手段は、前記判別手段に

よって前記画像間に前記包含関係がない場合には、前記複数の画像間における対応点の座標間を線形補間し、前記判別手段によって前記画像間に前記包含関係がある場合には、前記複数の画像間における対応点の座標間を非線形補間することを特徴とする請求項64に記載の画像処理装置。

【請求項66】 前記判別手段は、前記複数の位置において前記複数の画像を撮影した際のカメラのレンズ中心が、他の画像内に含まれるか否かを判別することを特徴とする請求項65に記載の画像処理装置。

【請求項67】 前記画像処理手段は、前記複数の画像に対してモーフィング処理を行うことを特徴とする請求項64に記載の画像処理装置。

【請求項68】 互いに異なる複数の位置において撮影された複数の画像を補間処理して、前記複数の位置とは異なる視点位置における画像を生成する画像処理方法であって、

前記複数の画像間において、一方の画像が他方の画像に含まれる包含関係の有無を判別する判別する工程と、

前記判別手段の判別結果に基づいて、前記複数の画像を補間処理する画像処理工程とを含み、

前記画像処理工程は、前記判別工程によって前記複数の画像間に包含関係が存在することが判別された場合と、存在しないことが判別された場合とで、補間方法を異ならせることを特徴とする画像処理方法

【請求項69】 前記画像処理工程は、前記判別工程によって前記画像間に前記包含関係がないと判別された場合には、前記複数の画像間における対応点の座標間を線形補間し、前記判別工程によって前記画像間に前記包含関係があると判別された場合には、前記複数の画像間における対応点の座標間を非線形補間することを特徴とする請求項68に記載の画像処理方法。

【請求項70】 前記判別工程は、前記複数の位置において前記複数の画像を撮影した際のカメラのレンズ中心が、他の画像内に含まれるか否かを判別することを特徴とする請求項69に記載の画像処理方法。

【請求項71】 前記画像処理工程は、前記複数の画像に対してモーフィング処理を行うことを特徴とする請求項68に記載の画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、既存の画像からユーザの視点位置での画像を補間して生成する、画像補間方法、画像処理方法、画像表示方法、並びにこれらの装置さらにはコンピュータプログラム記憶媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】大規模な仮想環境を構築する場合、写実性の点で、幾何モデルベースのCG表現よりも実写画像に基づく手法が有利である。実写画像は位置・姿勢センサを装備したカメラより複数の位置において環境を撮影

し、得られた複数視点での実写画像から例えばモーフィングの手法を用いて任意視点での仮想画像を生成するのである。換言すれば、モーフィングの手法を用いれば、ユーザは、撮影を行った視点位置（以下の説明では、視点位置は視線方向も含むとする）を超えて任意の視点位置において仮想空間を体験することが可能となる。

【0003】モーフィングは、まず、2つの原画像（例えば画像Aと画像B）中の同一対象の写っている領域を例えば矩形で対応づける、即ち、ユーザが同一領域であると認識した2つの部分画像領域（例えば領域A'と領域B'）を対応領域とするわけである。そして、両領域内部の形状と色とを線形補間することにより仮想画像Qを構成する。この仮想画像Qの生成には前述したように線形補間が使われるが、この線形補間は、上記両画像A、Bを撮像したカメラの視点位置 $P_{Ca}$ 、 $P_{Cb}$ におけるカメラの光軸が基線（カメラ中心を結ぶ直線）に共に直交していることが歪みの少ない補間画像を生成するために有効であることが提案されている。

【0004】S.M. SeitzとC.R. Dyerは、両視点位置 $P_{Ca}$ 、 $P_{Cb}$ における光軸が上記条件を満足しない場合にも、歪みのない補間画像を生成する手法を、“View Morphing” Proc. SIGGRAPH '96, pp.21-30 (1996)において提案している。その原理はおおよそ以下のようなものである。

【0005】第1図において、画像Aは視点位置 $P_{Ca}$ において、画像Bは視点位置 $P_{Cb}$ において得られたものである。両視点位置におけるカメラの光軸方向は平行でなく、また、両光軸は基線に直交していない。尚、第1図において、座標 $x_1$ と $x_2$ とは1つの対象点についての対応点である。任意の視点位置Pにおける仮想画像Qを線形補間により生成すると、歪みが発生するので、S.M. SeitzとC.R. Dyerは第2図に示すように、あたかも光軸が回転させられて共に光軸が基線に直交した状態で撮像した画像であるかのように、両画像A、Bを回転し、回転後の画像A'、B'に対して線形補間を施して仮想画像Q'を得ると、その仮想画像は歪みがないというものである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この先行技術の手法には1つの大きな制約条件が課せられており、この条件をはずれると補間そのものが成り立たないという欠点があることを上記S.M. SeitzとC.R. Dyerは指摘している。即ち、第3図に示すように、一方視点位置におけるカメラの視野が他方の視点位置におけるカメラの視野を含む場合には、光軸と基線とが垂直で光軸同士が平行になるように画像を回転すると、回転後の両画像には対応点が存在せず、従って、線形補間によっては歪みのない画像を生成することはできなくなることが指摘されている。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記制約を払

拭して任意の視点位置でも仮想画像を補間により生成することのできる画像の補間方法を提案することを目的とする。

【0008】上記課題を達成するための、本発明の請求項1にかかる方法は、第1の視点位置と第2の視点位置において夫々得られた第1と第2の画像に基づいて、前記2つの視点位置と異なるユーザ視点位置における補間画像を生成する方法であって、前記第1の画像と第2の画像を、それらを夫々撮像したカメラの光軸が、前記第1の視点位置と前記第2の視点位置との間を結ぶ基線方向に略一致する第1の方向となるように、前記第1の視点位置と第2の視点位置の夫々の周りに回転する第1の回転工程と、所定の特徴点についての前記第1の画像中の第1の対応点の座標と前記特徴点の前記第2の画像中の第2の対応点の座標に非線形の比例配分を施すことにより、前記ユーザ視点位置において前記第1の方向を視線方向として有する補間画像の対応点の座標を演算する第1の座標補間工程と、前記補間画像を前記第1の方向から前記ユーザ視点位置における視線方向に回転し、回転後の画像を補間画像として出力する第2の回転工程とを具備することを特徴とする。

【0009】この補間方法によれば、2つの画像の光軸を一致させることにより、非線形の比例配分が可能になって、ユーザ視点位置での補間画像を生成することが可能になる。この補間画像は、ユーザの視線方向に合わせて回転させれば、まさに回転された画像は、ユーザの視点位置の視線方向での補間された画像となる。

【0010】上記非線形の補間処理は、所定の関係を満足する画像に対してのみ行うべきである。そこで、本発明の好適な一態様である請求項2に拠れば、前記第1の画像の視野が前記第2の画像のレンズ中心を含むか否か、あるいは前記第2の画像の視野が前記第1の画像のレンズ中心を含むか否かを判断する判断工程を更に具備し、前記第1の回転工程は肯定と判断された場合に実行される。

【0011】本発明の好適な一態様である請求項3に拠れば、前記第1の画像の視野が前記第2の画像のレンズ中心を含むか否か、あるいは前記第2の画像の視野が前記第1の画像のレンズ中心を含むか否かを判断する判断工程と、前記判断工程での判断結果が否である場合に、前記第1の回転工程を実行せずに、前記第1の画像と第2の画像とを、それらの光軸を前記基線方向に夫々略直交するように、前記第1の視点位置と第2の視点位置の夫々の周りに回転する第3の回転工程と、前記第1の画像の第1の対応点の座標と前記第2の画像の第2の対応点の座標に線形の比例配分を施すことにより、前記ユーザ視点位置において前記基線方向に直交する第2の方向を視線方向として有する補間画像の対応点の座標を演算する第2の座標補間工程と、前記補間画像を前記第2の方向から前記ユーザ視点位置における視線方向に回転



し、回転後の画像を補間画像として出力する第4の回転工程とを具備することを特徴とする。

【0012】本発明の好適な一態様である請求項4に拠れば、前記ユーザ視点位置は、前記第1の視点位置と前記第2の視点位置との間を、 $t$ 対 $1-t$ に内分する場合に、前記第1の座標補間工程における前記非線形の比例配分処理は、前記補間画像の座標の逆数値 $1/x_e$ が、前記第1の対応点座標の逆数値 $1/x_a$ と前記第2の対応点の座標の逆数値 $1/x_b$ を $t$ 対 $1-t$ に内分することにより得られるものであることを特徴とする。

【0013】本発明の好適な一態様である請求項5に拠れば、前記ユーザ視点位置は、前記第1の視点位置と前記第2の視点位置との間を、 $t$ 対 $1-t$ に内分する場合に、前記第2の座標補間工程における前記線形の比例配分処理は、前記補間画像の座標値 $x_e$ が、前記第1の対応点の座標値 $x_a$ と前記第2の対応点の座標値 $x_b$ を $t$ 対 $1-t$ に内分することにより得られるものであることを特徴とする。

【0014】上記非線形の補間処理は、所定の関係を満足する画像に対してのみ行うべきである。そこで、本発明の好適な一態様である請求項6に拠れば、前記第1の画像と前記第2の画像とは少なくとも同じ対象物に由来する対応点の画像データを有するか否かを判断する工程を更に具備する。

【0015】本発明の好適な一態様である請求項7に拠れば、前記第1の画像と前記第2の画像とは少なくとも同じ対象物に由来する対応点の画像データを有さないときには、画像データベースから、少なくとも対応点を有する他の画像を探索する工程を更に具備する。これにより、連続的に画像補間が可能となる。本発明の好適な一態様である請求項8に拠れば、前記第1と第2の視点位置は、撮像時のカメラ視点位置とカメラの光軸方向によって規定され、前記ユーザ視点位置は、ユーザの視点位置とユーザの視線方向によって規定される。

【0016】本発明の好適な一態様である請求項9に拠れば、前記第2の回転工程または第4の回転工程から出力される補間画像はパノラマ画像としてユーザに提示される。

【0017】本発明のさらなる目的は、ユーザに広い範囲で移動可能とするために、制限のない画像補間方法を提供する。

【0018】この課題を達成するために、請求項10にかかる補間方法は、第1の視点位置と第2の視点位置と第3の視点位置において夫々得られた第1の画像と第2の画像と第3の画像とに基づいて、前記3つの視点位置と異なるユーザ視点位置における補間画像を生成する方法であって、前記第1の画像乃至第3の画像のいずれか2つが包含関係にあるか否かを判断する判断工程と、前記ユーザ視点位置と前記第1の視点位置乃至第3の視点位置との関係に基づいて、第1の内分比と第2の内分比

とを求める内分比演算工程と、包含関係にある視点位置を有する任意の2つの画像に対して、非線形比例配分処理を施すことにより、前記2つの視点位置間の内分点位置において基線方向の視線方向を有する一時仮想画像を補間生成する第1の座標補間工程と、包含関係にない視点位置を有する任意の2つの画像に対して、線形比例配分処理を施すことにより、前記2つの視点位置間の内分点位置において基線方向に直交する方向の視線方向を有する一時仮想画像を補間生成する第2の座標補間工程と、前記第1の画像と第2の画像が包含関係にあるかないかに応じて、前記第1の画像と第2の画像に対して、前記第1の内分比を用いて前記第1のモーフィング処理又は第2のモーフィング処理のいずれか一方を施すことにより、前記第1の内分比に対応する内分点位置における一時仮想画像を生成する第1画像補間工程と、前記一時仮想画像と第3の画像が包含関係にあるかないかに応じて、前記一時仮想画像と第3の画像に対して、前記第2の内分比を用いて前記第1のモーフィング処理又は第2のモーフィング処理のいずれか一方を施すことにより、前記第2の内分比に対応する前記ユーザ視点位置における補間画像を生成する第2画像補間工程と、第2画像補間工程において得られた前記補間画像を前記ユーザ視点位置における視線方向に回転し、回転後の画像を補間画像として出力する回転工程とを具備することを特徴とする。

【0019】この方法によれば、画像が包含関係にあるときもないときにも画像補間を実現できる。

【0020】本発明の好適な一態様である請求項11に拠れば、前記第1の座標補間工程においては、前記任意の2つの画像を夫々の視点位置において、基線方向に前記任意の2つの画像を回転して夫々の光軸を一致させる工程を具備し、回転された2つの画像に対して前記補間処理が施される。

【0021】本発明の好適な一態様である請求項12に拠れば、前記第2の座標補間工程においては、前記任意の2つの画像を夫々の視点位置において、基線方向に直交する方向に前記任意の2つの画像を回転して前記任意の2つの画像を平行にする工程を具備し、回転された2つの画像に対して前記補間処理が施されることを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項13に拠れば、前記判断工程は、一方の画像の視野が他方の画像のレンズ中心を含むか否かを判断することを特徴とする。

【0022】本発明の好適な一態様である請求項14に拠れば、前記第1の視点位置と前記第2の視点位置との間を前記第1の内分比に分割する一時仮想位置 $P_t$ と、前記第3の視点位置との間を前記第2の内分比に分割する視点位置は前記ユーザ視点位置に一致することを特徴とする。

【0023】本発明の好適な一態様である請求項15に拠れば、前記第1の座標補間工程においては、前記一時

10

20

30

40

50

仮想画像の座標の逆数値 $1/x_0$ が、前記2つの画像の一方の第1の対応点の座標の逆数値 $1/x_A$ と、他方の画像の第2の対応点の座標の逆数値 $1/x_B$ を前記第1の内分比に内分することにより得られることを特徴とする。

【0024】本発明の好適な一態様である請求項16に拠れば、前記第2の座標補間工程においては、前記一時仮想画像の座標値 $x_0$ が、前記2つの画像の一方の第1の対応点の座標値 $x_A$ と、他方の画像の第2の対応点の座標値 $x_B$ を前記第2の内分比に内分することにより得られることを特徴とする。

【0025】本発明の好適な一態様である請求項18に拠れば、前記第1の画像乃至第3の画像が少なくとも同じ対象物に由来する対応点の画像データを有さないときには、画像データベースから、少なくとも対応点を有する他の画像を探索する工程を更に具備する。これにより、画像補間の可能性が更に広がる。

【0026】本発明のさらなる目的は、画像補間に際して制限が無く、ユーザに二次元的に拡がりのある空間で移動を許す画像補間のための画像処理装置を提供する。

【0027】この目的のために、請求項21に記載の画像処理装置は、複数の画像を夫々の視点位置情報と共に予め記憶する画像データベースと、ユーザの視線方向を視点位置と共に検出する手段と、ユーザの視線方向の対応点を含む第1乃至第3の画像を前記画像データベースから探索する手段と、前記第1の画像乃至第3の画像のいずれか2つが包含関係にあるか否かを判断する判断手段と、前記ユーザ視点位置と前記第1の視点位置乃至第3の視点位置との関係に基づいて、第1の内分比と第2の内分比とを求める内分比演算手段と、包含関係にある視点位置を有する任意の2つの画像に対して、非線形比例配分処理を施すことにより、前記2つの視点位置間の内分点位置において基線方向の視線方向を有する一時仮想画像を補間生成する第1の座標補間手段と、包含関係にない視点位置を有する任意の2つの画像に対して、線形比例配分処理を施すことにより、前記2つの視点位置間の内分点位置において基線方向に直交する方向の視線方向を有する一時仮想画像を補間生成する第2の座標補間手段と、前記第1の画像と第2の画像が包含関係にあるかないかに応じて、前記第1の画像と第2の画像に対して、前記第1の内分比を用いて前記第1のモーフィング処理又は第2のモーフィング処理のいずれか一方を施すことにより、前記第1の内分比に対応する内分点位置における一時仮想画像を生成する第1画像補間手段と、前記一時仮想画像と第3の画像が包含関係にあるかないかに応じて、前記一時仮想画像と第3の画像に対して、前記第2の内分比を用いて前記第1のモーフィング処理又は第2のモーフィング処理のいずれか一方を施すことにより、前記第2の内分比に対応する前記ユーザ視点位置における補間画像を生成する第2画像補間手段と、第2画像補間手段において得られた前記補間画像を前記ユ

ーザ視点位置における視線方向に回転し、回転後の画像を補間画像として出力する回転手段とを具備することを特徴とする。

【0028】本発明の好適な一態様である請求項22に拠れば、前記第1の座標補間手段においては、前記任意の2つの画像を夫々の視点位置において、基線方向に前記任意の2つの画像を回転して夫々の光軸を一致させる手段を具備し、回転された2つの画像に対して前記補間処理が施されることを特徴とする。

【0029】本発明の好適な一態様である請求項23に拠れば、前記第2の座標補間手段においては、前記任意の2つの画像を夫々の視点位置において、基線方向に直交する方向に前記任意の2つの画像を回転して前記任意の2つの画像を平行にする手段を具備し、回転された2つの画像に対して前記補間処理が施されることを特徴とする。

【0030】本発明の好適な一態様である請求項29に拠れば、前記第1の画像乃至第3の画像が少なくとも同じ対象物に由来する対応点の画像データを有さないときには、画像データベースから、少なくとも対応点を有する他の画像を探索する手段を更に具備することを特徴とする。

【0031】ユーザの移動可能な範囲を広げるために、本発明の好適な一態様である請求項32に拠れば、前記第1画像補間手段により生成された一時仮想画像をその視点位置情報と共に前記画像データベースに記憶する手段を更に具備することを特徴とする。

【0032】ユーザの移動可能な範囲を広げるために、本発明の好適な一態様である請求項33に拠れば、前記第2画像補間手段により生成された一時仮想画像をその視点位置情報と共に前記画像データベースに記憶する手段を更に具備することを特徴とする。

【0033】本発明の他の目的は、モーフィング処理に適した画像、特に凹凸を有する対象物体を撮像した画像をモーフィングに適するように加工する画像処理装置を提案するものである。

【0034】上述の請求項1乃至請求項34の補間処理は、第1の視点位置と第2の視点位置（更には第3の視点位置）の中間位置に若しくは内部の任意位置に、補間のためのユーザ視点位置が設定される。従って、特に、請求項1乃至請求項34の補間処理に適した基となる画像においては、撮像されている対象物体の相対的な前後関係は、ユーザ視点位置が、前記第1の視点位置と第2の視点位置（更には第3の視点位置）の任意の中間位置に、若しくは内部の任意位置におかれても、変動ないことが期待される。このことは、請求項1乃至請求項34の補間処理に適した元画像を前もって生成する必要があることを意味する。

【0035】而して、上記の目的のために、請求項35の、対象物体を第1と第2の視点位置において夫々撮像

した第1と第2の二次元画像を処理してモーフィング画像を生成する画像処理装置は、前記第1の二次元画像を前記第1の視点位置からの複数の奥行き距離の夫々に応じて複数の第1の二次元部分画像に分割すると共に、前記第2の二次元画像を前記第2の視点位置からの複数の奥行き距離の夫々に応じて複数の第2の二次元部分画像に分割する分割手段を具備することを特徴とする。

【0036】奥行き距離に応じて分割され生成される複数対の二次元部分画像において反映される対象物体間の前後関係は、第1の視点位置と第2の視点位置位置の任意の中間の視点位置において保存される。従って、このような二次元部分画像を将来モーフィング処理に供した場合には前後関係が正しく反映されたモーフィングを保証する。例えば、前後関係を有する2物体を視点位置を移動しながら見れば、一方の物体の一部が他方の物体の一部によって見えたり隠されたりしなければならない。前後関係を考慮しないでその2物体の画像を基にしてモーフィングを行うと、補間画像が、本来は見えない筈の部分がでてしまうように生成されたり、或いは、本来見えるはずの部分が見えなくなってしまうように生成されたりする。対象物体間の前後関係を考慮した分割により生成された部分画像は、見えるはずの部分に見えるように、見えない部分を見えないように顕在化させることができる。見えるはずではあるが隠されている部分を顕在化させることにより、その部分に対して、画像データの補充（レタッチ操作）を行うことができる。

【0037】二次元画像はそもそも奥行き情報を有さない。このような二次元画像から、奥行き距離に応じた二次元部分画像を分割生成する作業は、操作性が優れユーザフレンドリーである必要がある。そこで、本発明の好適な一態様である請求項36に拠れば、前記分割手段は、前記第1と第2の二次元画像を表示する表示手段と、ユーザに、表示された前記第1と第2の二次元画像内の夫々の部分領域を、これらに奥行き距離に対応する階層情報を付して、一对の二次元部分画像として指定する第1の指定手段とを具備する。

【0038】ユーザは、表示された画像を見ることにより、表示画面中の対象物体間の前後関係を判断し、部分領域を間違いなく指定することができる。

【0039】任意の視点位置からのモーフィング処理を行うと、隠れていた部分を視野に入れなければならない場合が発生する。この場合に備えて、請求項37の画像処理装置では、前記第1の指定手段が、前記任意視点位置に対してより近い方の階層に属する二次元部分画像によって、より遠い方の階層に属する二次元部分画像が隠されている部分領域を前記表示手段上において指定する第2の指定手段と、前記隠されている部分領域の画素値をユーザにレタッチ処理可能にさせるレタッチ手段とを具備する。

【0040】隠されている部分領域がモーフィング処理

の結果、視野に入るようになって、その領域はレタッチ処理されているので問題はない。

【0041】請求項38によると、前記第1の指定手段は、第1階層情報値を有する一对の二次元部分画像について、前記第1階層情報値以外の値の第2階層情報値を有する1つまたは複数対の二次元部分画像の画素値を所定の固定値に書き換える書き換え手段を具備することを特徴とする。尚、請求項39では、前記所定の固定値は、例えば、黒を示す画素値である。

【0042】部分画像には、近接した距離関係を有する複数の物体の画像が含まれる場合がある。そこで、本発明の好適な一態様である請求項40に拠れば、前記分割手段は、ある階層に対応する一对の第1と第2の二次元部分画像において、複数の部分領域（オブジェクト）を指定する第3の指定手段を具備する。

【0043】尚、画像データの記憶には種々の形態が考えられるが、本発明の好適な一態様である請求項41に拠れば、前記分割手段は、元の第1と第2の二次元画像と、複数対の二次元部分画像と、階層情報とを併せて記憶する。

【0044】請求項35乃至請求項41の画像処理装置は、補間処理（モーフィング処理）に適した画像を生成し記憶するためにある。従って、請求項35乃至41のいずれかに記載の画像処理装置によって生成され記憶された複数対の二次元部分画像を読み出して、任意の視点位置からの画像を生成するモーフィング処理を施すための画像表示装置が提供されることが好ましい。そこで、請求項42の画像表示装置は、各奥行き距離に対応する一对の第1の二次元部分画像と第2の二次元部分画像とに基づいて、任意の視点位置からの部分モーフィング画像を生成する処理を、全ての奥行き距離に対応する二次元部分画像の対に対して行う第1のモーフィング処理手段と、前記第1のモーフィング処理手段により生成された各奥行き距離に対応する部分モーフィング画像を合成し、合成画像を所定の表示装置に表示する表示手段とを具備することを特徴とする。

【0045】本発明の好適な一態様である請求項43に拠れば、ウォークスルーアプリケーションに適用したことを特徴とする。

【0046】本発明の好適な一態様である請求項44に拠れば、前記任意の視点位置に関する情報を入力する入力手段（例えばジョイスティック）を更に具備する。

【0047】本発明の好適な一態様である請求項45に拠れば、前記入力手段は、視点位置の値を仮想的に変更することを特徴とする。

【0048】全ての画像が、奥行きを考慮したモーフィングに適しているとは限らない。奥行きを考慮したモーフィングは処理に時間がかかるからである。そこで、請求項46の画像表示装置は、前記第1と第2の二次元画像に直接基づいてモーフィング画像を生成する第2のモ

ーフィング処理手段と、前記第1のモーフィング処理手段と第2のモーフィング処理手段とを選択的に切り替える切換手段とを更に具備することを特徴とする。

【0049】請求項47の画像表示装置は、切換の現実的な手段を提供する。即ち、請求項47の画像表示装置は、前記任意の視点位置に関する情報を入力する入力手段と、ウォークスルー仮想空間内の任意のウォークスルー経路について、そのウォークスルー経路にユーザの視点位置が存在した場合に、前記第1のモーフィング処理と第2のモーフィング処理のいずれを適用すべきかを前もって決定しておき、その決定結果を表す情報を前記ウォークスルー経路の位置と共に記憶するメモリとを具備し、前記切換手段は、前記入力手段が入力した視点位置の情報に対応する決定結果情報を前記メモリから取り出し、この情報を基にして前記第1のモーフィング処理手段と第2のモーフィング処理手段のいずれかを選択して動作させることを特徴とする。

【0050】請求項42の画像表示装置は、請求項21の画像処理装置と組み合わせると有効である。そこで、請求項42の表示装置は、前記第1のモーフィング処理手段は、複数の画像を夫々の視点位置情報と共に前もって記憶する画像データベースと、ユーザの視線方向を視点位置と共に検出する手段と、ユーザの視線方向の対応点を含む第1乃至第3の画像を前記画像データベースから探索する手段と、前記第1の画像乃至第3の画像のいずれか2つが包含関係にあるか否かを判断する判断手段と、前記ユーザ視点位置と前記第1の視点位置乃至第3の視点位置との関係に基づいて、第1の内分比と第2の内分比とを求める内分比演算手段と、包含関係にある視点位置を有する任意の2つの画像に対して、非線形比例配分処理を施すことにより、前記2つの視点位置間の内分点位置において基線方向の視線方向を有する一時仮想画像を補間生成する第1の座標補間手段と、包含関係にない視点位置を有する任意の2つの画像に対して、線形比例配分処理を施すことにより、前記2つの視点位置間の内分点位置において基線方向に直交する方向の視線方向を有する一時仮想画像を補間生成する第2の座標補間手段と、前記第1の画像と第2の画像が包含関係にあるかないかに応じて、前記第1の画像と第2の画像に対して、前記第1の内分比を用いて前記第1のモーフィング処理又は第2のモーフィング処理のいずれか一方を施すことにより、前記第1の内分比に対応する内分点位置における一時仮想画像を生成する第1画像補間手段と、前記一時仮想画像と第3の画像が包含関係にあるかないかに応じて、前記一時仮想画像と第3の画像に対して、前記第2の内分比を用いて前記第1のモーフィング処理又は第2のモーフィング処理のいずれか一方を施すことにより、前記第2の内分比に対応する前記ユーザ視点位置における補間画像を生成する第2画像補間手段と、第2画像補間手段において得られた前記補間画像を前記ユー

ザ視点位置における視線方向に回転し、回転後の画像を補間画像として出力する回転手段とを具備することを特徴とする。

【0051】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照しながら、本発明の実施形態を説明する。

【0052】〈原理〉第4図は、一方のカメラ（視点位置 $P_{CA}$ ）の視野が他方のカメラ（視点位置 $P_{CB}$ ）の視野を含む場合を示している。この場合は従来の手法では線形補間は不可能であった。そこで、第5図に示すように、両カメラの光軸が略一致（同じ直線上に実質的に乗る）ように、カメラ（即ち画像）を回転して、回転後の画像 $A'$ と $B'$ とを得、これらの画像から線形補間により仮想画像 $Q'$ を得るものである。尚、本実施形態および実施例ではの説明では、説明の便宜上、視点位置は、視点位置のみならず視線方向も含むとする。

【0053】第6図以下を用いて更に実施形態の原理を説明する。

【0054】今、第6図に示すように、2つのカメラ視点 $P_{CA}$ と $P_{CB}$ とにおける実画像 $RI_A$ 、 $RI_B$ が得られているものとする。基線に対し、カメラ視点 $P_{CA}$ での光軸は角度 $\alpha_A$ だけずれ、カメラ視点 $P_{CB}$ での光軸は角度 $\alpha_B$ だけずれているものとする。また、ユーザの視点位置 $P$ が、第6図に示すように、上記基線上において内分比 $t$ ： $(1-t)$ で内分されている位置に載っていることを仮定する。尚、この仮定は、後述するように、載っていない場合にも一般化できる。

【0055】第6図の例では、視点位置 $P_{CA}$ における視野は視点位置 $P_{CB}$ における視野を含むもので、従来の手法では、対応点を演算することができなかった。前述したように、本実施形態の手法は、第6図のような位置関係を有する実画像を第7図のように、夫々の光軸が一致するように、夫々の視点位置で回転して回転画像 $RI'_A$ 、 $RI'_B$ を得るものである。

【0056】回転画像 $RI'_A$ 、 $RI'_B$ は、第8図、第9図に示された公知の手法により得ることができる。即ち、第8図に示すように、回転前の画像の視野角を $\beta$ （同じカメラを用いれば $\beta_A = \beta_B$ である）とし、また、同カメラの焦点距離を $f$ 、水平方向画素数を $W$ とする。一般的に、基線から角度 $\alpha_A$ （または $\alpha_B$ ）だけ離れているカメラの光軸を基線に一致させることは画像 $RI_A$ （または $RI_B$ ）を角度 $\alpha_A$ （または $\alpha_B$ ）だけ回転させ、回転画像 $RI'_A$ （または $RI'_B$ ）を得ることに等価である。この回転により、原画像 $RI_A$ （または $RI_B$ ）の任意の座標 $(x_A, y_A)$ （または $(x_B, y_B)$ ）は角度 $\alpha_A$ （または $\alpha_B$ ）だけ回転させられて、次式に示された $(x'_A, y'_A)$ （または $(x'_B, y'_B)$ ）となる。

【0057】[EQ1A]

$$x'_A = f \cdot \tan(\phi_A - \alpha_A)$$

【0058】[EQ2A]

23

$$y'_A = \frac{\cos \phi_A}{\cos(\phi_A - \alpha_A)}$$

$$[0059] \quad [EQ1B] \quad x'_B = f \cdot \tan(\phi_B - \alpha_B)$$

$$[0060] \quad [EQ2B] \quad y'_B = \frac{\cos \phi_B}{\cos(\phi_B - \alpha_B)}$$

[0061] ここで、

[0062] [EQ3A]

$$\phi_A = \tan\left(\frac{x_A}{f}\right)$$

[0063] [EQ3B]

$$\phi_B = \tan\left(\frac{x_B}{f}\right)$$

[0064] [EQ3C]

$$f = \frac{W}{2} \tan\left(\frac{\beta}{2}\right)$$

【0065】本実施形態では、ユーザ視点位置での仮想画像VI。は、上記回転後の光軸が一致された画像RI' A, RI' Bに基づいて生成する。発明者達は、一般的に、例えば、第10図の配置において、光軸I' A, I' Bが一致する2枚の画像RI' A, RI' Bに関して、同一対象物の、両画像におけるある対応点の座標x<sub>A</sub>, x<sub>B</sub>とすると、任意の視点位置P'。での対応点の座標(x<sub>e</sub>, y<sub>e</sub>)は、

【0066】 [EQ4]

$$x_e = \frac{x'_A \cdot x'_B}{(1-t) \cdot x'_A - t \cdot x'_B}$$

【0067】 [EQ5]

$$y_e = \frac{y'_A \cdot y'_B}{(1-t) \cdot y'_A - t \cdot y'_B}$$

【0068】と表される。即ち、2つの実画像RI' A, RI' B上の2つの対応点座標と仮想画像VR上の1つの対応点の間には上記EQ4, EQ5が成立することになる。換言すれば、仮想画像をEQ4, EQ5のような非線形補間によって生成することができる。上記のEQ4, EQ5は第10図を参照し以下の計算により得ることができる。尚、カメラの座標系を(x, y)とし、グローバル座標系(X, Y, Z)とし、X軸=x軸、Y軸=y軸、更に、Z軸=光軸となるように定め、更に、対象物のある一点のグローバル座標を(x<sub>0</sub>, y<sub>0</sub>, z<sub>0</sub>)、カメラの焦点距離をfとする。

【0069】上記3つの画像上の対応点は全て同じ光軸上に載っていないから、

【0070】 [EQ6A]

24

$$\frac{x'_A}{f} = \frac{X_0}{Z_A - Z_0}$$

$$[0071] \quad [EQ6B] \quad \frac{x'_B}{f} = \frac{X_0}{Z_B - Z_0}$$

$$[0072] \quad [EQ6C] \quad \frac{x'_e}{f} = \frac{X_0}{Z_e - Z_0}$$

【0073】が得られる。

【0074】 [EQ6D]

$$Z_e = t \cdot Z_1 + (1-t) \cdot Z_2$$

【0075】に着目し、EQ6からfを消去することにより、

【0076】 [EQ7A]

$$\frac{1}{x'_e} = \frac{t}{x'_A} + \frac{1-t}{x'_B}$$

【0077】 [EQ7B]

$$\frac{1}{y'_e} = \frac{t}{y'_A} + \frac{1-t}{y'_B}$$

【0078】を経て、上記EQ4, EQ5を得ることができる。尚、EQ7, EQ7B式は、本実施形態の「非線形の比例配分処理」が、仮想画像の座標値x<sub>e</sub>。(またはy<sub>e</sub>)の逆数(1/x<sub>e</sub>または1/y<sub>e</sub>)が、実画像RI<sub>A</sub>の画像座標系における座標値x<sub>A</sub>(またはy<sub>A</sub>)の逆数(1/x<sub>A</sub>または1/y<sub>A</sub>)と、実画像RI<sub>B</sub>の画像座標系における座標値x<sub>B</sub>(またはy<sub>B</sub>)の逆数(1/x<sub>B</sub>または1/y<sub>B</sub>)とが、t : 1-t

【0079】に比例配分されている。EQ4, EQ5の補間式は、非線形ではあるものの、簡単な式で表されている。この理由は、2つの光軸を一致させているからである。尚、もし光軸を若干の誤差を許して一致させようにした場合においてEQ1, EQ2の変換式を用いると、歪みは不一致の度合に応じて増加するであろう。

【0080】EQ4, EQ5によって得られたユーザの視点位置での補間画像は、ユーザが、点P<sub>CA</sub>, P<sub>CB</sub>を結ぶ基線方向を向いているときの仮想画像である。実際には、第6図の例では、ユーザは基線に対して角度α。だけ回転しているから、仮想画像VRを角度α。だけ回転させる必要がある。角度α。だけ回転した仮想画像の画素の座標を(x<sub>e</sub>, y<sub>e</sub>)とすると、

【0081】 [EQ8]

$$x_e = f \cdot \tan(\phi' - \alpha_e)$$

【0082】 [EQ9]

$$y_e = \frac{\cos \phi'}{\cos(\phi' - \alpha_e)}$$

【0083】ここで、

【0084】 [EQ10A]

$$\phi' = \tan\left(\frac{x_c'}{f}\right)$$

【0085】 [EQ10B]

$$f = \frac{W}{2} \tan\left(\frac{\beta}{2}\right)$$

【0086】かくして、第6図のような配置関係にあるカメラからの若しくは視点位置での2つの実画像に基づいて、その視点位置を結ぶ基線上の任意の位置に視点を有するユーザから見た補間画像を歪みを発生することなく生成することができる。

【0087】

【第1実施例】上述の実施形態において説明した手法は、第4図或いは第6図から明らかなように、仮想的なユーザ視点位置は、実画像のカメラ視点位置 $P_{cA}$ と $P_{cB}$ とを結ぶ線（即ち、基線）上にとっている、このことは、ユーザの仮想空間を体験できる範囲は基線上に限られることになる。

【0088】以下に提案する実施例の仮想画像の補間方法は、仮想空間内の移動範囲を二次元的に拡張したものであり、そのために実画像を3枚用意する。即ち、3枚の実画像から、その3枚の画像の視点位置が規定する所定の仮想空間（二次元空間）での自由な移動をユーザに可能にするものである。移動可能な空間を二次元的に広げるために、3枚の実画像の撮像位置は、第12図或いは第13図に示すように、3角形を構成するように配置する。

【0089】この実施例の画像補間において重要なことは、撮像方向（カメラ視点位置）が知れた3つの実画像が得られることである。第12図の例では、2つのカメラIとIIを用い、この2つのカメラを同時に同じ方向に移動させながら、異なる撮像位置で複数の画像（実画像）を取得する。第13図の例では、3つの実画像を得るために、3つのカメラI, II, IIIを用いて、同時に撮像することにより、3つの実画像を得る。少なくとも、これら3枚の実画像からある程度の広がりの中で移動可能にして仮想空間を得ることができる。また、第13図の例で、3つのカメラを同時に移動すれば、次々と3枚一組の画像を得ることができる。換言すれば、移動可能な仮想空間は更に広がることになる。

【0090】第12図の例で、2つのカメラを配置するための条件は、カメラIとカメラIIとは共に対象物体を視野に納めると共に、カメラIの視野がカメラIIの視野に含まれるように配置する。この例では、カメラI（またはカメラII）を移動すれば、カメラの光軸を回転させなければ、少なくとも、視点位置1と2（異なる時刻）とでは、カメラIの光軸は同一方向を向く。後述するよ

うに、視点位置1と2で得られた2つの実画像は、それら2つの視点位置での光軸が、一方は他方を含まないものとなるから、ひずみのない線形補間が可能である。

【0091】第13図の例では、カメラIとカメラIIの光軸の一方が他方を含まないものとなるように、これら2つのカメラを配置する。

【0092】第12図の例及び第13図の例で、カメラを移動すれば、多数の実画像が得ることができるのは上述したとおりである。本実施例の画像補間は、第13図のような同時に撮影された画像だけを用いてのみ行われるものではない。少なくとも第12図の例では、カメラIにより異なる時点で撮像された2つの画像（と、カメラIIにより撮像された1枚の画像）を用いて補間を行っている。即ち、第12図の例でも、第13図の例でも、所定の条件さえ満足した3枚の実画像であれば、その画像が同一カメラで取得されたものでなくとも、或いは同時に異なるカメラで取得されたものでなくとも、仮想画像を補間することが可能となることは後述の説明から明らかとなるであろう。

【0093】本実施例の画像補間は、3つの実画像の視点位置を考慮してユーザの視点位置 $P_e$ を設定する。補間画像を生成するに際して、3つの実画像の夫々の視点位置に重み付けを行う。3つの実画像 $I_A, I_B, I_C$ について夫々考慮すべき重み係数( $w_A, w_B, w_C$ )は、実画像 $I_A, I_B, I_C$ が3つの実視点位置( $P_{cA}, P_{cB}, P_{cC}$ )において、第14図のように配置していれば、

【0094】 [EQ11]

$$\begin{bmatrix} w_A \\ w_B \\ w_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A & X_B & X_C \\ Y_A & Y_B & Y_C \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X_e \\ Y_e \\ 1 \end{bmatrix}$$

【0095】と表され、実画像 $I_A, I_B, I_C$ が第15図のように配置していれば、

【0096】 [EQ12]

$$\begin{bmatrix} w_A \\ w_B \\ w_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_B & X_C & X_A \\ Y_B & Y_C & Y_A \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X_e \\ Y_e \\ 1 \end{bmatrix}$$

【0097】と表され、実画像 $I_A, I_B, I_C$ が第16図のように配置していれば、

【0098】 [EQ13A]

$$\begin{bmatrix} w_A \\ w_B \\ w_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_C & X_A & X_B \\ Y_C & Y_A & Y_B \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X_e \\ Y_e \\ 1 \end{bmatrix}$$

【0099】となる。EQ11乃至EQ13のいずれかにより求められた重み係数に基づいて、第14図乃至第16図に示した内分比が決定される。即ち、

【0100】 [EQ13B]

27

$$s = \frac{w_A}{1 - w_C}$$

【0101】 [EQ13C]

$$t = w_C$$

【0102】第14図乃至第16図に示した内分比は、一時的な仮想視点位置 $P_t$ を設定する。一時仮想視点位置 $P_t$ は、第14図の配置では基線 $AB$ 上に、第15図の配置では基線 $BC$ 上に、第16図の配置では基線 $CA$ 上に、夫々、比率 $1-s:s$ となるように、夫々取られる。一時仮想視点位置 $P_t$ における仮想画像は、その一時仮想視点位置 $P_t$ が存在する基線の両端点（即ち、2つの実画像の夫々撮像位置）における視点方向が、第6図の関係になっていれば、即ち、一方の画像の視野が他方の実画像の視野を含んでいれば（以下、2画像がこの関係にある時には、「包含関係にある」と呼ぶこととする）、第7図乃至第11図に関連して説明した方法（即ち、EQ4、EQ5に従う非線形補間方法）によって求めることができる。このようにして一時的な仮想視点位置 $P_t$ における仮想画像が得られる。以下において、一時的な仮想視点位置 $P_t$ における仮想画像を「一時的仮想画像 $V_{It}$ 」と呼ぶ。

【0103】一時的仮想画像 $V_{It}$ が得られたならば、その一時的仮想画像 $V_{It}$ と、3つの実視点位置( $P_{Ca}$ ,  $P_{Cb}$ ,  $P_{Cc}$ )の内の、この一時的仮想画像 $V_{It}$ を生成するのに参照した2つの実視点位置以外の実視点位置（以下、「残りの視点位置」と呼び、例えば第14図の例では $P_{Cc}$ ）との間で、ユーザ視点位置での仮想画像 $V_{Ie}$ を生成する。この場合、一時的仮想画像 $V_{It}$ が、「残りの視点位置」での実画像と「包含関係」にあれば、上記ユーザ視点位置での仮想画像 $V_{Ie}$ を、第7図乃至第11図に関連して説明した方法によって求めることができる。

【0104】ところで、仮想画像を得るに際して「包含関係」を前提としてEQ4、EQ5の「非線形補間」を用いた。しかしながら、第14図乃至第16図の画像配置において、一時的仮想画像 $V_{It}$ とユーザ視点位置での仮想画像 $V_{Ie}$ を得るに際して、常に、「包含関係」が満足されているとは限られない。

【0105】前述したように、2つの画像が包含関係にあるとは、後方に位置するカメラの視野内に、前方のカメラのレンズ中心が存在する状態を言うから、レンズ中心が前記視野内に存在しない場合には2つの画像は「包含関係」にない。本実施例では、2つの画像が「包含関係にない」場合には、「線形補間」の手法を用いて仮想画像（一時的仮想画像やユーザ視点での仮想画像）を形成するものである。

【0106】2つの画像が包含関係にない場合における線形補間について説明する。第17図において、実画像 $RI_A$ と $RI_B$ とは共に包含関係になく、基線に対して、夫々、 $\alpha_A$ ,  $\alpha_B$ だけずれている。ここで、実画像 $RI_A$ と $RI_B$

28

が共に基線に対して直交するように、実画像 $RI_A$ と $RI_B$ を夫々のレンズ中心の周りに回転する。この回転により、第18図に示すように、原画像 $RI_A$ （または $RI_B$ ）の任意の座標( $x_A$ ,  $y_A$ )（または( $x_B$ ,  $y_B$ ))は角度 $\alpha_A$ （または $\alpha_B$ ）だけ回転させられて、次式に示された( $x'_A$ ,  $y'_A$ )（または( $x'_B$ ,  $y'_B$ ))となる。

【0107】 [EQ14]

$$x'_A = f \cdot \tan(\phi_A - \alpha_A)$$

【0108】 [EQ15]

$$y'_A = \frac{\cos \phi_A}{\cos(\phi_A - \alpha_A)}$$

【0109】 [EQ16]

$$x'_B = f \cdot \tan(\phi_B - \alpha_B)$$

【0110】 [EQ17]

$$y'_B = \frac{\cos \phi_B}{\cos(\phi_B - \alpha_B)}$$

【0111】 [EQ18A]

$$\phi_A = \tan^{-1} \left( \frac{x_A}{f} \right)$$

【0112】 [EQ18B]

$$\phi_B = \tan^{-1} \left( \frac{x_B}{f} \right)$$

【0113】 [EQ18C]

$$f = \frac{W}{2} \tan \left( \frac{\beta}{2} \right)$$

【0114】次に、ユーザ視点位置での仮想画像 $V_{Ie}$ を、上記回転後の光軸が一致された画像 $RI'_A$ ,  $RI'_B$ に基づいて公知の線形補間に従って生成する。ユーザ視点位置 $P_e$ がカメラ視点 $P_{Ca}$ ,  $P_{Cb}$ を、 $1-s:s$

【0115】に内分する位置にあるならば、線形補間された仮想画像 $V_{Ie}$ 内の座標( $x'_e$ ,  $y'_e$ )は、

【0116】 [EQ19]

$$x'_e = s \cdot x'_A + (1-s) \cdot x'_B$$

【0117】 [EQ20]

$$y'_e = s \cdot y'_A + (1-s) \cdot y'_B$$

【0118】によって得られる。実際のユーザ視点位置は基線に対して $\alpha_e$ だけ回転しているから、生成すべき仮想画像は、( $x'_e$ ,  $y'_e$ )を $\alpha_e$ だけ回転した画像( $x_e$ ,  $y_e$ )、

【0119】 [EQ21]

$$x_e = f \cdot \tan(\phi' - \alpha_e)$$

【0120】 [EQ22]

$$y_e = \frac{\cos \phi'}{\cos(\phi' - \alpha_e)}$$

【0121】 ここで、

【0122】 [EQ23]

$$\phi' = \tan\left(\frac{x'_c}{f}\right)$$

【0123】 [EQ24]

$$f = \frac{W}{2} \tan\left(\frac{\beta}{2}\right)$$

【0124】によって得られる。3つの実画像が第14図乃至第16図の配置のうちのいずれかの配置にある時の、ユーザ視点位置P<sub>e</sub>での仮想画像の生成について説明する。

【0125】第14図乃至第16図の配置のうちのいずれかの配置にあっても、「一時的仮想視点P<sub>t</sub>」における「一時的仮想画像」を求める必要がある。ユーザ視点位置P<sub>e</sub>での仮想画像は、前述したように、この「一時的仮想画像」と「残りの視点位置」での画像とに基づいて、「線形補間」(EQ19, EQ20)或いは非線形補間(EQ4, EQ5)の手法により得るものである。

【0126】〈制御手順〉以上説明したように、本実施例の画像補間は、2つの画像が包含関係にあるか否かによって、包含関係がある場合には非線形補間を、ない場合には線形補間を適用するものである。更に、ユーザの移動範囲を拡張するために本実施例は3つの画像を用いる。ところで、一時仮想画像を生成するにしても、ユーザ視点での仮想画像を生成するにしても、元となる2つ或いは3つの画像は、ユーザ視点位置および視線方向での対象物体の対応点に関する画像データを含まなくてはならない。画像が対象物体の画像データを含むことを、「対象物を含む」と呼ぶ。換言すれば、あるユーザ視点位置における補間画像を生成するときには、3つの実画像の全ては必ず「対象物を含まなくてはならない」。このために、ユーザが視点位置を移動したために、それまでの画像補間処理に用いてきた3枚一組画像が「対象物を含む」なくなる場合もあり得る。この場合には、第20図のように、組合せを変えた3枚の画像を選択しなければならない。即ち、選択画像を変えることによりユーザの移動範囲を大きく拡張することができる。特に、本実施例の制御は、後述するように、画像の組合せによって、重み係数の計算方法を第14図乃至第16図のいずれかを選択でき、さらには、画像間の包含関係に応じて、線形補間或いは非線形補間を選択できるので、仮想画像を生成できない場合が極めて減少する。

【0127】第21図は、本実施例の補間方法を組み込んだ画像補間（パノラマ画像表示）装置の制御手順を示すフローチャートである。この装置の制御手順は大きく分けて、前処理（ステップS100）と補間画像の生成表示（ステップS200）に分けられる。

【0128】ステップS100の詳細は第22図に示される。即ち、ステップS102では、環境の画像を前もって収集し、併せて、複数の収集位置での、撮影位置

（視点位置）と撮影方向（カメラの視線方向）に関するデータをも収集する。ステップS104では、画像と、視点位置と視線方向（併せて視点位置と呼ぶ場合もある）とを対応づけてデータベースに記憶する。

【0129】ステップS106では、ステップS102で収集された複数の画像の中から、同じ対象物の対応点を共に含む3枚一組の画像を分類する。ステップS108では、各組内の3枚の画像について、対応点を三角形のメッシュにて対応づける。上記組合せでは、同じ画像が異なる組に分類されることを許す。例えば第23図の例で、対象物をカメラ視点位置A乃至Gで撮像した場合、

【0130】第nの組... A, B, C

第n+1の組... B, C, D

第n+2の組... A, B, D

等の組合せが許される。このような組合せにより、第20図に示したような組合せの拡張、即ち、移動領域の拡大効果が得られる。

【0131】ステップS200の処理の詳細を第24図により説明する。即ち、ステップS202では、観察者（ユーザ）の現在の視点位置P<sub>e</sub> (X<sub>e</sub>, Y<sub>e</sub>, Z<sub>e</sub>)と視線方向α<sub>e</sub>とを取得する。ステップS204では、視点位置P<sub>e</sub> (X<sub>e</sub>, Y<sub>e</sub>, Z<sub>e</sub>)と視線方向α<sub>e</sub>に基づいて、最適な一組3枚の画像I<sub>A</sub>, I<sub>B</sub>, I<sub>C</sub>を決定する。ステップS204では、第14図乃至第16図のうちのどの内分方法を用いるかを決定する。ステップS206では、非線形の補間処理に用いられる第1の内分比(s : 1-s)と第2の内分比(t : 1-t)とが決定される。

【0132】ステップS208では、画像I<sub>A</sub>, I<sub>B</sub>が包含関係を有するかを判定する。包含関係は前述したように、一方の画像の視野内に他方のレンズ中心が含まれる状態を言う。この包含関係を第26図を用いて説明する。2台のカメラの光軸ベクトルを夫々V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>、これらのカメラのレンズ中心を結ぶベクトルV<sub>12</sub>とする。また、V<sub>1</sub>とV<sub>12</sub>とのなす角度をθ<sub>1</sub>、V<sub>2</sub>とV<sub>12</sub>とのなす角度をθ<sub>2</sub>、またθ<sub>c</sub>をカメラの画角βの2分の1とすると、

【0133】 [EQ25]

$$(|\theta_1| \leq \theta_c \cap |\theta_2| \leq \theta_c)$$

$$\cup (|\theta_1 - 180^\circ| \leq \theta_c \cap |\theta_2 - 180^\circ| \leq \theta_c)$$

【0134】が満たされているか否かで行う。画像I<sub>A</sub>, I<sub>B</sub>が包含関係を有する場合には、ステップS210以下に進む。即ち、ステップS210では第6図に示したように、画像I<sub>A</sub>, I<sub>B</sub>の光軸が略一致して平行になるように画像I<sub>A</sub>, I<sub>B</sub>を回転する。ステップS212では、第7図に示すように、仮想画像を非線形補間により補間生成する。ステップS214では、第8図に示すように、その仮想画像をユーザの視線方向に合わせて回転する。ステップS216では、生成した仮想画像を、その視点位置



と共にデータベースに格納する。本実施例では、仮想画像を実画像と同じように扱い、他の仮想画像の生成の基礎とすることができる。

【0135】画像 $I_A, I_B$ が包含関係にない場合には、ステップS218乃至ステップS222において、第17図乃至第19図に示すように線形補間を行う。ステップS222では補間された画像を視線方向に合わせて回転する。

【0136】かくして、包含関係にある場合とない場合とにおける、仮想視点位置Pr（第14図乃至第16図を参照）における仮想画像が得られた。

【0137】第25図は、第24図の制御手順により得られた仮想画像VIと残りの画像 $I_c$ とについて包含関係を判断する。仮想画像VIと残りの画像 $I_c$ とが包含関係にある場合には、前述の非線形補間を行うために、ステップS232乃至ステップS236を行う。仮想画像VIと残りの画像 $I_c$ とが包含関係にない場合には、前述の線形補間を行うために、ステップS240乃至ステップS244を行う。かくして、仮想画像VIと残りの画像 $I_c$ とについて、包含関係に応じて非線形補間または線形補間がなされて、ユーザ視点位置でのユーザ視線方向での仮想画像が生成されたことになる。

【0138】第27図は、本実施例の制御のさらなる拡張を説明する。即ち、第27図の制御では、複数回の線形補間（或いは非線形補間）によりユーザ視点位置での仮想画像を生成し、それらの複数の仮想画像をつなぎ合わせることで、移動可能なユーザの視野範囲を拡張することができる。

【0139】以上説明したように、本発明の実施形態や実施例によれば、第28図に示すように、2通りの補間により、ユーザの移動可能な範囲を拡張すると共に、パノラマ画像生成の際に制限を少なくすることができる。

#### 【0140】

【第2実施例】上記実施形態若しくは第1実施例に関連して説明したモーフィング（以下、「通常モーフィング」と呼ぶ）は、2枚または3枚の実写画像（コンピュータ画像であってもよい）の2つの視点（または3つの視点）間に存在する任意の視点から撮影したら得られるであろう仮想補間画像をモーフィング処理により生成するものであった。上記実施形態および第1実施例は、物体（現実物体の実写画像であろうと仮想物体の仮想画像であろうと）が凹凸（特に奥行き方向での凹凸）が少ない場合には、視点位置が変化しても、その視点位置からは「見えない」部分の発生が少ないことが予想できるために、有効であると考えられる。

【0141】しかしながら、実際の物体（従って、仮想物体も）は凹凸の大きいものがあり、そのような物体を視点位置を移動させながら上記の「通常モーフィング」処理を行うと、ある視点で本来では見えない部分を見えるかのように補間画像を生成したり、本来では見えるは

ずの部分が見えていないものとして補間画像を生成したりする。この第2実施例は、後述する「階層化モーフィング」処理を導入し、画像中に含まれる対象物体に凹凸が少ない（或いはあっても無視できる）場合には、前述の「通常モーフィング処理」を行い、画像中に含まれる対象物体に凹凸が大きい（或いは無視できない）場合には、「階層化モーフィング処理」を実行する、即ち、「通常モーフィング処理」と「階層化モーフィング処理」とを適応的に切り替えるというものである。

【0142】第29図は、この第2実施例の画像処理装置が特に好適であろうと考えられるウォークスルー仮想空間を説明する。図中、ハッチングを付した部分はユーザが仮想的にウォークスルーが可能な経路である。粗いハッチングを施した2つのパス50、80は狭く、細かいハッチングを施した領域60、70は二次元的な広がりを持つ。即ち、ユーザが狭いパス50または80をウォークスルーする間は、進行方向の左右（紙面で上下方向）に移動できる幅は少ないが、領域60、70では大きく切れ込んで左右方向（紙面で上下方向）に移動することができる。この結果、ユーザは、領域50、80をウォークスルーする間は、たとえ、視線が進行方向に直交する方向（即ち、紙面上下方向）に向くことがあっても、左右の背景（遠景）に近づくことはないの、背景画像（パノラマ画像）における奥行き方向の凹凸は問題とはならない。従って、この区間50、80では、通常モーフィング処理を行えばよい。しかしながら、領域60、70をウォークスルー中は、背景に近づくことがあり得るので、背景画像（パノラマ画像中の物体も含める）の凹凸が問題となる。そこで、領域60、70をウォークスルー中は「階層化モーフィング処理」を適用する。

【0143】第30図は、上述の通常モーフィングと階層化モーフィングとの適応的切換制御を適用した第2実施例の仮想空間ウォークスルーシステムの構成を示す。

【0144】第30図中、100は、三面スクリーンであり、中央スクリーン100Cを挟んで左スクリーン100Lと右スクリーン100Rとが左右に配置されている。これらのスクリーンに表示されるべき3枚の画像は画像生成用計算機400で生成される。計算機400は、3枚の画像をシリアルで3台のスキャンコンバータ（SC）600に順に送る。画像生成用計算機400が参照する実写画像はハードディスク500に格納されている。制御用計算機300にはジョイスティック200が接続され、ユーザがジョイスティック200を操作することにより入力されるウォークスルー方向（ユーザが仮想空間中でウォークスルーしたい方向）は計算機300で処理される。即ち、制御用計算機300は、ある時刻tにおけるジョイスティック200の状態に関するデータをEthernetを介して計算機400に送る。画像生成用計算機400は、このデータに基づいて時刻tにお

るユーザの視点位置、視線方向に関するデータを演算する。そして、この視点、視線方向に応じた3枚若しくは2枚のパノラマ画像をハードディスク500から取り出して、所定の演算を行ってスキャンコンバータ600に送る。

【0145】第31図は、制御計算機300と画像生成計算機400による、ウォークスルーのための全体的な制御手順を示すフローチャートである。尚、第31図のステップS400のモーフィングの切換工程の詳細は第32図に説明されている。

【0146】まず、ステップS300では、ジョイスティック（以下、JSと略す）200の操作をユーザに促す。ステップS302、ステップS304で、JSの操作状態は制御用計算機300を経て画像生成用計算機400に送られる。計算機400は、ステップS308で、JSの操作によって進行した現在の視点位置、視線方向を計算する。ステップS310では、計算機400は、現時点の視点位置と視線方向とに基づいて、その位置・姿勢に最適な3枚若しくは2枚の画像を取り出す。ステップS400では、最適なモーフィング処理（通常モーフィング処理か階層化モーフィング処理を選択し、その処理への切換を行い、選択されたモーフィング処理を実行する。ステップS500では、モーフィング処理の結果得られた画像をフレームメモリ内で描画する。ステップS502、ステップS504、ステップS506では描画された画像をスクリーンに映写する。

【0147】第32図は、第31図のステップS400の詳細手順を示す。即ち、ステップS402で、現在ウォークスルー中の位置に割り当てられたモーフィングモードを調べる。このモードは「通常モーフィング処理」か「階層化モーフィング処理」の区別を示す1ビットデータによって識別可能であり、例えば、第29図に示されたウォークスルー可能な全ての位置（x、y）に1ビットのフラグMを割り当てることとする。具体的には、第29図で、粗いハッチング領域（即ち、通常モーフィングを行うべき領域）の任意の座標にはM=0を、細かいハッチング領域（即ち、階層化モーフィングを行うべき領域）の任意の座標にはM=1を割り当てるとする。

【0148】現在のウォークスルー地点が粗いハッチング領域内（即ち、M=0の領域50、80）であれば、ステップS410に進んで、「通常モーフィング処理」を行う。「通常モーフィング処理」とは、第24図、第25図に示された処理、若しくは周知のパノラマ画像の切換処理をいう。従って、「通常モーフィング処理」の詳細な説明は省略する。

【0149】現在のウォークスルー地点が細かいハッチング領域内（即ち、M=1の領域60、70）であれば、ステップS404に進み、ジョイスティック200のボタン201（第30図）が押されているかを確認する。押されていない場合には、処理はメインルーチンにEXIT

する。即ち、領域60または70に現在の視点位置があっても、このボタン201が同時に押されてジョイスティック200が操作されない限りは、階層化モーフィング処理は行われなくなる。ボタン201が押されている場合には、ステップS406で、後述の階層化モーフィング処理を行う。S406の階層化モーフィング処理は、ボタン201を解除しない限りはエネーブルされている。

【0150】ステップS406の階層化モーフィング処理について更に詳細に説明する。

【0151】この階層化モーフィング処理は、事前に、背景画像（パノラマ画像）を階層化しておく前処理が必要である。この前処理は、実写画像内の複数の対象物（現実物体）の画像を、奥行き深さに応じて複数の領域に分割するものである。そして、実際の階層化モーフィング処理では、ある範囲の深さの奥行き内に入る領域を1つのレイヤとして把握し、このレイヤの夫々に対して通常モーフィングを施すものである。具体的には、領域60、70に視点位置があるときのために準備されている背景画像（パノラマ画像）は、前もって「階層化」されているのである。

【0152】前処理であるところの「階層化処理」について説明する。

【0153】「階層化処理」のための説明の便宜上、第33図に示すように、四角柱1000と三角柱2000とからなる現実空間を視点位置E1、E2、E3において撮像することにより第34図のような3つの画像を得た場合を想定する。各視点位置において撮像して得た3枚の実画像（RI<sub>1</sub>、RI<sub>2</sub>、RI<sub>3</sub>）を第34図に示す。第34図において、アラビア数字は3枚の画像間に対応する特徴点を示す。

【0154】前処理である階層化処理を実行すると、計算機300は、上記3枚の実画像（RI<sub>1</sub>、RI<sub>2</sub>、RI<sub>3</sub>）を制御用計算機300のモニタ画面に第34図のように表示する。

【0155】第35図は階層化の原理を説明する。どの画像部分をどのレイヤに所属させるかは、ユーザが、第34図のモニタの表示画面を見ながら指定する。即ち、ユーザは、画面上に表示されている物体が本来はどのような奥行き関係にあるかを推定することができる。例えば、第34図の実写画像RI<sub>1</sub>が計算機300のモニタ装置に表示されていれば、ユーザは、その表示内容から、三角柱2000が四角柱1000の後方にあり、三角柱2000と四角柱1000の更に後方に背景が存在することは推定できる。そこで、ユーザは、まず、背景に対してレイヤIを割り付ける。その上で、第34図の画像RI<sub>1</sub>において、三角柱2000の最外側の5つの頂点（10、11、12、13、14）によって画成された画像部分をレイヤIIとして割り付ける。また、四角柱1000の最外側の6つの頂点（1、2、3、4、5、6）に

よって画成された画像部分をレイヤIIIとして割り付ける。第35図（即ち第31図）の例では、背景が最後方で、三角柱2000が中間に、四角柱1000が近傍にあるから、上述の画像分割は、第35図に示すようなレイヤ分割となる。即ち、この階層化処理を経ると、実写画像は、例えば、レイヤI乃至レイヤIIIは階層化されることとなる。第2実施例の階層化モーフィング処理は、同じ階層にある二次元画像は同じ範囲の奥行きにあるものと見なし、補間モーフィングを施す。第2実施例の階層化モーフィングは、互いに近しい奥行き関係にある複数の画像部分を同じレイヤに属させることにより、同じレイヤに属する画像部分については、視点位置が移動しても、見え隠れの程度を一様とすることができるようになることを利用する。即ち、第2実施例も、第1実施例と同じように、視点位置の移動に応じた補間画像を生成するものであるが、視点位置の移動に応じて発生する奥行きの異なる部分間での見え隠れの変化に対して、実画像では隠れされている部分であって、仮想の視点位置では見えなくてはならないその部分を、ユーザに、確実に顕在化させることができる。実画像では隠れている部分（範囲）をユーザに目で見えるようにすることにより、その隠されている部分の画素の濃淡データやカラーデータを後述のレタッチ操作により補充することができるからである。

【0156】第2実施例の階層化モーフィングが、奥行き方向で起伏の激しい物体（例えば第36図のような、頂点がユーザの方向に向いている円錐）を扱うときは、第37図のように、多くのレイヤを設定する。第37図の例では、レイヤIの背景レイヤと、レイヤIIからレイヤVまでの4つの複数の同心円環状のレイヤとに分割される。

【0157】階層化処理の制御手順の詳細は第38図に示される。また、階層化処理の具体的な動作は第39図乃至第41図に説明される。また、階層化処理された結果の階層化構造画像を第42図に示す。

【0158】第39図乃至第41図、第42図を参照しながら、第34図の画像RI<sub>i</sub>に対して階層化処理を行った場合の詳細について説明する。

【0159】第2実施例では、階層の指定は、即ち、二次元画像の特徴点（通常は輪郭線の頂点）の指定によって行う。また、第2実施例での「レタッチ処理」と黒く塗る処理とは、市販の汎用の画像オーサリングツールソフトウェアであるPhotoShop（米国Adobe社製）を用いて行った。

【0160】第2実施例での階層化は、その部分画像の輪郭線の特徴点の点列P<sub>i</sub>(k)に、階層値iを割り当てることに帰結する。ここで、iは階層を表す値（値が小さいほど、その部分画像奥方向に深いことを意味する）、kは同じ階層iに含まれる部分画像を示す。

【0161】第34図の画像RI<sub>i</sub>をユーザが階層化処理

すると、視点位置から遠いレイヤから順に、

【0162】レイヤI (i=I) : 背景画像全体、

レイヤII (i=II) : 点列P<sub>I</sub>(1) = 10→11→12→13→14

レイヤIII (i=III) : 点列P<sub>II</sub>(1) = 1→2→3→4→5→6

が得られる。尚、三角柱2000の頂点13はユーザからは見えないが、ユーザは、三角柱2000の頂点13は四角柱によって隠されていることが分かっているの

で、仮想頂点13を与えた。

【0163】点列P<sub>i</sub>(k)によって示される閉領域はオブジェクトを表し、そのオブジェクトを参照すれば、その閉領域内の全ての画素値を参照することができる。

【0164】もし、四角柱1000と三角柱2000とが視点位置から見て同じような奥行き範囲にあるのであれば、ユーザは四角柱1000と三角柱2000に対して同じレイヤ値を与えるであろう。この場合には、

【0165】レイヤII (i=II) :

点列P<sub>II</sub>(1) = 10→11→12→13→14

点列P<sub>II</sub>(1) = 1→2→3→4→5→6

【0166】となる。このようなオブジェクト化によって、ハードディスク500内の所定の領域には、第42図のような、3つの画像毎に、更に、レイヤ毎に、オブジェクト化された点列P<sub>i</sub>(k)のテーブルが生成される。画像生成用計算機400はこのテーブルを参照して、階層化モーフィングを行う。第38図は、階層化処理の制御手順を説明するフローチャートである。同図のステップS600乃至ステップS614のループは、第42図のオブジェクトテーブルを生成する工程を説明する。即ち、ステップS604乃至ステップS610においては、ユーザが、計算機300のマウスなどを用いて、1つのレイヤ値iについて、その階層内にあると思われる夫々（引数k）の対象物（部分画像）を、ステップS606において、点列P<sub>i</sub>(k)として、指定するものである。その結果はステップS608でメモリに記憶される。

【0167】あるレイヤ（値i）について全ての対象物の指定が終了すると（ステップS610でNO）、ステップS612でカウンタkを初期化し、ステップS614で、対象（第34図の画像）の画像内に他のレイヤとして処理すべき部分画像があるかないかの入力をユーザに促す。処理すべき部分画像があるとユーザが判断すれば、ステップS602乃至ステップS614までの工程が繰り返される。

【0168】全ての部分画像を処理したならば、累積されたレイヤの値はカウンタiに記憶されている。そこで、ステップS616でその値をレジスタNに記憶しておく。

【0169】ステップS618～ステップS624の処理は、各レイヤの部分画像の有効部分の画素値を保存し、無効部分の画素値をFF（即ち黒色）とし、「隠れ部

10

20

30

40

50

分」についてはレタッチ処理を施すものである。

【0170】ステップS618～ステップS624の処理の具体例が第39図乃至第41図に説明されている。また、第44図は、階層化処理のためのアプリケーション・プログラムのプルダウンメニューを表している。第45図は、階層化処理アプリケーション・プログラムを実行中に現在処理中のレイヤ番号とオブジェクト番号とを示している。

【0171】レイヤ分割についてのユーザの操作を第44図を参照して説明する。

【0172】最下位のレイヤ（レイヤI）は前述したように、元の原画像全体に与えられる。即ち、ファイルメニューの新規作成を選択すると、分割対象の原画像を選択すべくダイアログが計算機300のCRT上に標示され、ユーザは原画像のファイル名を入力する。すると、その画像がCRT上に標示される。ユーザは、レイヤIとレイヤIIとの境界（閉曲線）をマウスによって指定する。第34図の例では、

点列 $l_1, 2, 16, 14, 10, 11, 12, 15, 4, 5, 6$

によって指定する。勿論、境界の指定は、点列だけではなく、矩形領域指定アイコン、所謂「投げ縄」アイコン、またはマウスによる自由曲線によっても指定できる。この状態で、ユーザが、編集メニューの「レイヤ設定」をマウスによってクリックすると、原画像の内部であって、

点列 $P_i(1) = 1, 2, 16, 14, 10, 11, 12, 15, 4, 5, 6$

【0173】によって区画された境界の外側の領域が、レイヤIとして割り付けられる。この時点では、CRT画面には、第45図のように、現在のレイヤ番号として、 $LL=01$ が、オブジェクト番号として $OB=01$ が表示されている。

【0174】次に、ユーザが三角柱2000によって形成されるレイヤIIを設定したいときは、前述したように、

点列 $P_{II}(1) = 10 \rightarrow 11 \rightarrow 12 \rightarrow 13 \rightarrow 14$

をマウスなどで選択し、「レイヤ設定」メニューを選択すると、三角柱2000の内部がレイヤIとして形成される。この時点では、CRT画面には、現在のレイヤ番号として、 $LL=02$ が、オブジェクト番号として $OB=01$ が表示されている。

【0175】もし同じレイヤに他のオブジェクトが存在する（ステップS610でYES）場合には、マウスなどにより、そのオブジェクトの境界を選択（ステップS608）して、「編集メニュー」の「オブジェクト設定」副メニューを選択すると、その部分が別のオブジェクトとして形成される。このときには、CRT画面には、現在のオブジェクト番号として $OB=02$ が表示されることになろう。

【0176】レイヤの設定やオブジェクトの設定は、以上のようにして「編集メニュー」に掲げられた各種の機

能を駆使することにより実現でき、その結果、第34図の例の画像 $RI_1$ は、レイヤIからレイヤIIIまでの3つのレイヤに分割される。

【0177】尚、一度設定したレイヤやオブジェクトを削除するときは、そのレイヤのオブジェクトの内部をマウスでクリックし、「編集メニュー」の「レイヤ解除」または「オブジェクト解除」副メニューを選択することにより達成される。同メニューにより、レイヤやオブジェクトが削除されたときは、全てのレイヤ番号やオブジェクト番号は順に繰り下げられる。

【0178】第38図の制御手順のステップS616乃至ステップS624の処理は、全てのレイヤと全てのオブジェクトが設定された（ステップS614でNOの判断）後において実行される処理であって、この処理は他のレイヤのオブジェクトを黒で埋めるものである。

【0179】まず、ステップS616で総レイヤ趣を記憶するレジスタNにカウンタ $i$ の値をセーブする。また、カウンタ $i$ を0に初期化する。ステップS618では、最下位レイヤ（背景レイヤ）を選択するためにカウンタ $i$ を1だけインクリメントする。

【0180】ステップS620では、レイヤ $i$ に属さない全てのレイヤのオブジェクトの画素を黒でペーストする。第34図の画像 $RI_1$ を例にすれば、レイヤIに対しては第39図のように、点列 $P_i(1) = 1, 2, 16, 14, 10, 11, 12, 15, 4, 5, 6$ の内部が黒で塗りつぶされる。

【0181】ステップS622では、隠れ部分をレタッチする操作をユーザに促す。「隠れ部分」とは、レイヤ $i$ のいずれかのオブジェクト $k$ が、 $i$ 以外の他のレイヤのオブジェクトによって隠されている場合において、その隠されている部分をいうものとする。そのような「隠れ部分」はユーザがCRT画面を見ることにより認識可能である。「隠れ部分」はユーザによって「レタッチ」されることができる。「レタッチ」処理は、「隠れ部分」がモーフィングによって可視的に顕在化する場合に備えて、予め、色・模様・テクスチャ等を与えて、モーフィングされた画像に見苦しい部分が発生しないようにするための処理である。

【0182】隠れ部分をユーザに選定させるために、CRT上に「レタッチ元のテクスチャを選択して下さい」とのメッセージが表示される。第39図の例では、ユーザは「レタッチ」の処理が不要と考えたために「隠れ部分」の設定を行わなかった。

【0183】ステップS624からステップS618に戻り、次のレイヤのオブジェクト（第34図の例ではレイヤII）が選択される。レイヤIIに対してステップS620の処理が施されると、レイヤIとレイヤIIIの領域が黒で塗りつぶされるために、第40図のような画面がCRT上に表示される。

【0184】ステップS622で、CRT上に「レタッチ元のテクスチャを選択して下さい」とのメッセージが

表示される。この時点でユーザは、レイヤIIの三角柱2000のオブジェクトの一部がレイヤIIIの四角柱1000の一部によって隠されていることを知っている。その隠れ部分の領域は、

点列: 16, 3, 15, 13

であり、かかる部分の画素値はレイヤIIIの四角柱1000の対応領域の画素値であろう。そこで、ユーザは、その隠れ部分領域を、三角柱2000のテクスチャでレタッチするために、三角柱2000の所望の領域をマウスで選択し、「編集メニュー」の「レタッチ元」副メニューを選択する。そして、点列: 16, 3, 15, 13に囲まれた領域をマウスでクリックして、「編集メニュー」の「レタッチ先」副メニューを選択すると、上記隠れ部分領域には、「レタッチ元」メニューで選択されたテクスチャが繰り返しペーストされる。

【0185】こうして、モーフィング時に備えて、隠れ部分領域はユーザが最適と判断したテクスチャによって「レタッチ」される。このために、モーフィングされた画像には不自然な領域が発生することが防止される。

【0186】ステップS618～ステップS6222の処理がレイヤIIIに対して行われると第41図のような画面が得られる。

【0187】かくして、第2実施例の「階層化」アプリケーション・プログラムの制御手順（第38図）により、元の画像はレイヤ毎に分割され、各レイヤはオブジェクト毎に分割されて、新たな階層化画像データが第42図のようなテーブル形式で作成される。結果、階層化モーフィング処理（第43図の制御手順）において、階層毎にモーフィングを行うための準備が完了した。

【0188】本発明の階層化処理は、本来は連続的に変化する三次元物体の撮影画像を、階段的に（階層的に）「輪切り」にして、視点位置の移動によって隠れることとなる画像部分を顕在化させるものである。この階層化処理（第38図の手順）を第36図の物体に適用すると、第37図のような、階段状のオブジェクト画像が得られる。

【0189】第31図のワークスルーアプリケーション・プログラムの処理の説明に戻る。ステップS310でハードディスク装置500から取り出される画像データは、第32図のステップS402などにより、階層化モーフィングを行うべきか、通常モーフィング処理を行うべきかによって異なる。もし、ステップS402、ステップS404で、ユーザの視点位置が階層化モーフィング処理を行うべき領域にまでワークスルーしてきたと判断された場合には、ステップS310で取り出すべき画像データは第42図のように階層化された画像データとなろう。そこで、第32図のステップS406では、階層化モーフィング処理を行う。ステップS406の詳細は第43図に示されている。

【0190】即ち、第43図のステップS406aで

は、カウンタ*i*と*k*とを初期化し、ステップS406bでは、次の階層を選択するためにカウンタ*i*を1だけインクリメントし、ステップS406cでは、オブジェクト*k*+1を選択し、ステップS406dでは、3枚の画像（第34図の例ではRI<sub>1</sub>, RI<sub>2</sub>, RI<sub>3</sub>）のうちの、カウンタ*i*とカウンタ*k*によって指定されるオブジェクト（*i*, *k*）の画像データに対しての、第1実施例のモーフィング処理を行う。ステップS406c乃至ステップS406eの処理を全てのオブジェクトに対して行い、ステップS406b乃至ステップS406fの処理を全てのレイヤの全てのオブジェクトに対して行う。以上のようにして階層化モーフィング処理が終了する。

【0191】第31図のステップS400で、補間モーフィング処理（詳細は第32図）が終了すると、ステップS500でレンダリング（描画処理）が行われる。レンダリング（描画処理）は、モーフィングが階層化モーフィングによる階層化画像データをレンダリングするときは、1つのあるレイヤ*i*に属する全てのオブジェクトのモーフィングされた階層化画像データを合成し、更に全ての階層の階層化画像データを合成する。この合成後の画像をステップS504、ステップS506でスクリーン装置100に表示する。

【0192】第2実施例を種々変形することができる。即ち、第2実施例の通常モーフィング処理も階層化モーフィング処理も、3枚の画像に基づいてモーフィングするものであったが、実施形態の手法と同じように2枚の画像に基づく変形例に対しても本発明を適用できる。

【0193】また、通常モーフィング処理として、周知のパノラマ画像の単なる切替処理を導入してもよい。

【0194】本発明の画像処理をワークスルーアプリケーション・プログラムに適用した例を用いて説明したが、本発明の適用範囲はワークスルーに限定されず、およそ、複数（2点以上）の視点から撮像した画像に基づいて補間モーフィングを行う適用分野であれば、いかなる分野にも適用可能である。

【0195】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、補間画像を生成する際の制約を払拭して任意の視点位置でも仮想画像を補間により生成することができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来技術において、線形補間において歪みが発生する理由を説明する図。

【図2】 従来技術において、画像の視線方向を基線に直交する処理を行えば歪みが発生しない理由を説明する図。

【図3】 従来技術において、歪みを除去できない理由を説明する図。

【図4】 本発明の実施形態における、非線形補間の原理を説明する図。

【図5】 実施形態の非線形補間の前処理として、画像

の光軸を一致させる処理を説明する図。

【図 6】 非線形補間処理が必要な場合を説明する図。

【図 7】 実施形態の非線形補間処理を説明する図。

【図 8】 非線形補間の前処理として、画像の光軸を一致させる処理を説明する図。

【図 9】 非線形補間の前処理として、画像の光軸を一致させる処理を説明する図。

【図 10】 実施形態の非線形補間処理の原理を説明する図。

【図 11】 非線形補間処理後に画像をユーザの視線方向に一致させるための回転処理を説明する図。

【図 12】 本発明の第 1 実施例において、3つの画像を用いることが必要であることを説明する図。

【図 13】 本発明の第 1 実施例において、3つの画像を用いることが必要であることを説明する図。

【図 14】 1つの内分点がユーザ視点位置に一致するように、2つの内分点の取り方の1手法を説明する図。

【図 15】 1つの内分点がユーザ視点位置に一致するように、2つの内分点の取り方の他の手法を説明する図。

【図 16】 1つの内分点がユーザ視点位置に一致するように、2つの内分点の取り方の他の手法を説明する図。

【図 17】 第 1 実施例の線形補間の原理を説明する図。

【図 18】 第 1 実施例の線形補間の原理を説明する図。

【図 19】 第 1 実施例の線形補間の原理を説明する図。

【図 20】 選択対象の画像を切り替えることにより移動範囲が拡張する理由を説明する図。

【図 21】 第 1 実施例の制御手順の全体を示すフローチャート。

【図 22】 制御手順の前処理の詳細を説明するフローチャート。

【図 23】 画像セットの組合せにおいて異なるセットに同一の画像が含まれることを許す理由を説明する図。

【図 24】 第 1 実施例の補間処理のための制御手順を示すフローチャート。

【図 25】 第 1 実施例の補間処理のための制御手順を示すフローチャート。

【図 26】 包含関係を説明する図。

【図 27】 第 1 実施例の手法が更に拡張される理由を説明する図。

【図 28】 実施形態や第 1 実施例における補間原理を

概略化して説明する図。

【図 29】 本発明を仮想空間のウォークスルーに適用した第 2 実施例における、視点位置の相違に応じたモーフィングの切換を説明する図。

【図 30】 第 2 実施例に係るウォークスルーシステムの構成を説明する図。

【図 31】 第 2 実施例のウォークスルーアプリケーション・プログラムの前提手順を説明するフローチャート。

【図 32】 図 31 のステップ S 40 の詳細を説明するフローチャート。

【図 33】 第 2 実施例において、対象物体間に前後関係がある場合を説明する図。

【図 34】 図 33 の対象物体を撮像して得られた 3つの基となる画像を制御装置 300 の CRT 画面に表示したときの画面の図。

【図 35】 第 2 実施例で、空間を、奥行き距離を参照しながら複数のレイヤに分割する原理を説明する図。

【図 36】 視線方向にとがった対象物体と視点位置との関係を説明する図。

【図 37】 図 36 の物体の画像を第 2 実施例の階層化分割に従って分割したときの部分画像の生成の様子を説明する図。

【図 38】 第 2 実施例のモーフィングに適した画像を生成するための前処理工程（階層化処理）の制御手順を説明するフローチャート。

【図 39】 第 2 実施例の前処理におけるステップ S 616 乃至ステップ S 624 の動作を具体例（レイヤ I）を用いて説明する図。

【図 40】 第 2 実施例の前処理におけるステップ S 616 乃至ステップ S 624 の動作を具体例（レイヤ II）を用いて説明する図。

【図 41】 第 2 実施例の前処理におけるステップ S 616 乃至ステップ S 624 の動作を具体例（レイヤ II I）を用いて説明する図。

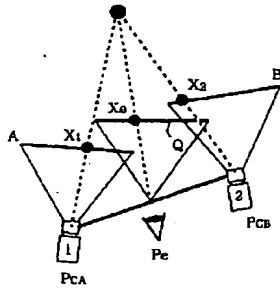
【図 42】 第 2 実施例の前処理により生成された階層化画像データの構造を説明する図。

【図 43】 図 32 のステップ S 406 の詳細な手順を説明するフローチャート。

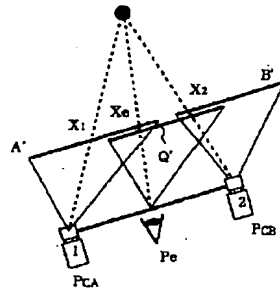
【図 44】 第 2 実施例の階層化アプリケーション・プログラムが表示するプルダウンメニューを説明する図。

【図 45】 第 2 実施例の前処理において、制御装置 300 の CRT 画面に表示される、現在指定されているレイヤとオブジェクトの番号を表示するウインドを説明する図。

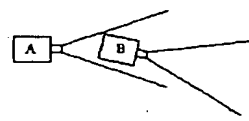
【図1】



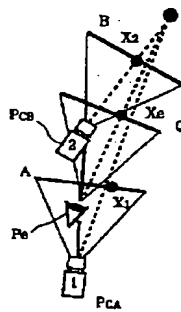
【図2】



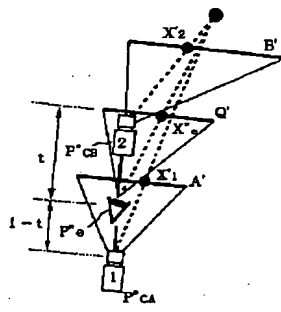
【図3】



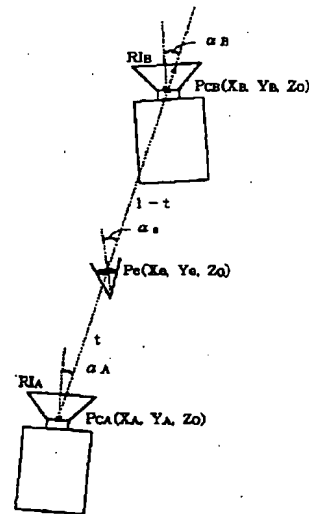
【図4】



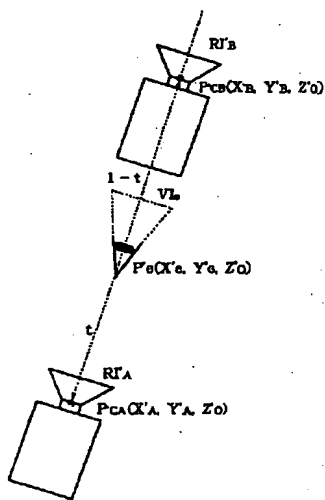
【図5】



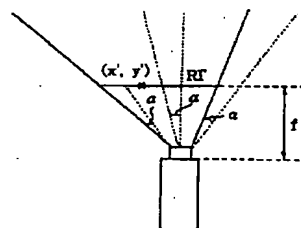
【図6】



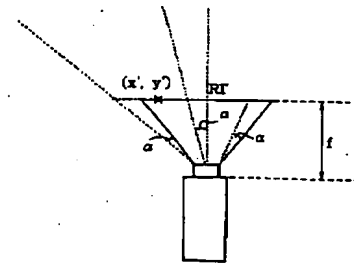
【図7】



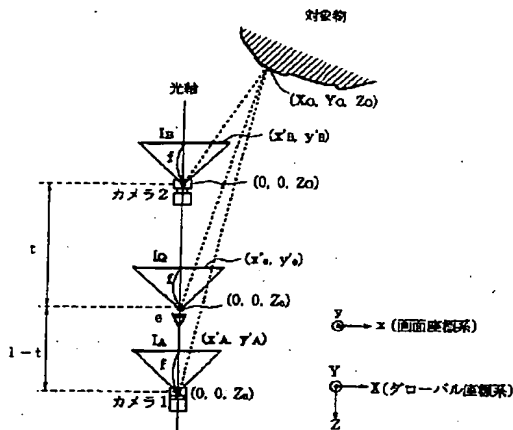
【図9】



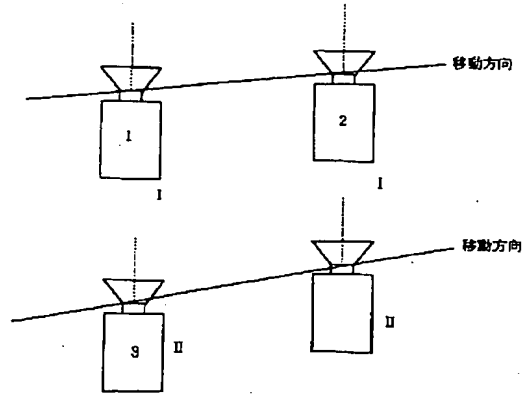
【図11】



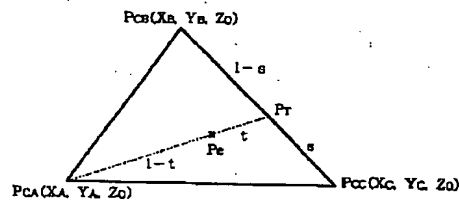
【図10】



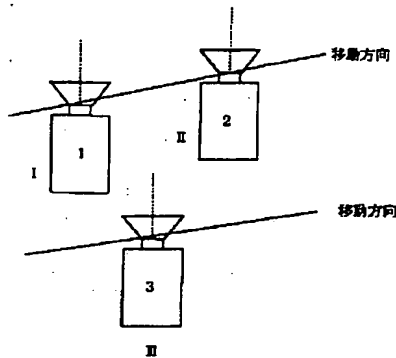
【図12】



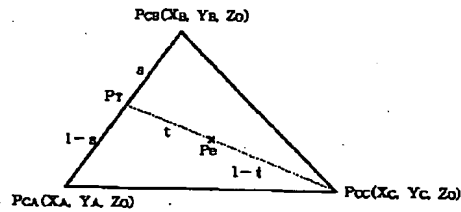
【図15】



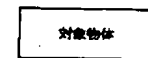
【図13】



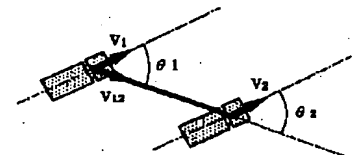
【図14】



【図23】



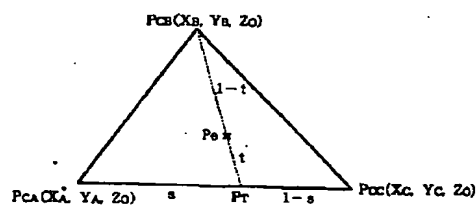
【図26】



【図45】

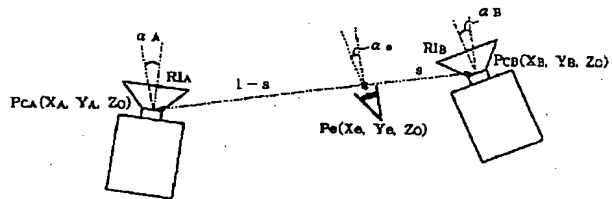
現在指定されているレイヤ	LL
現在指定されているオブジェクト	OB

【図16】

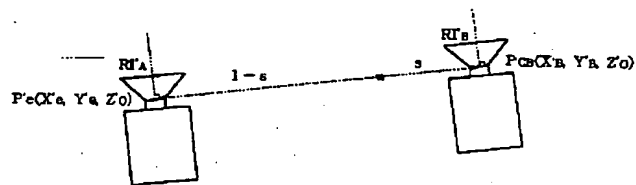




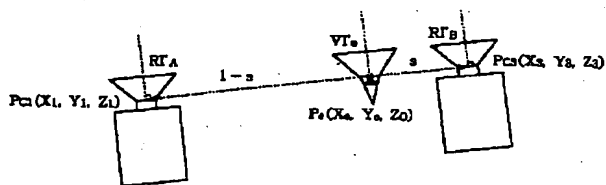
【図17】



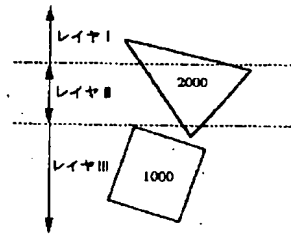
【図18】



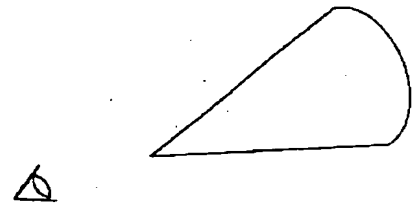
【図19】



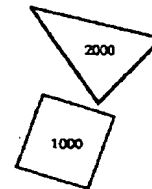
【図35】



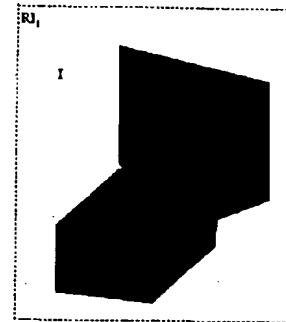
【図36】



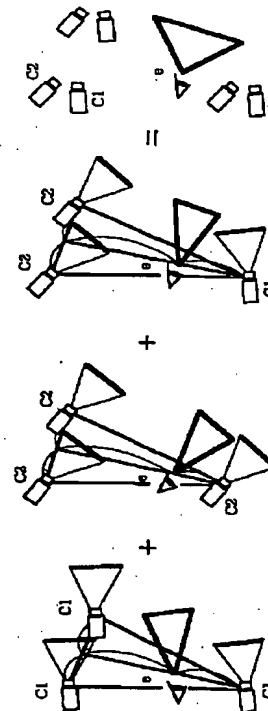
【図33】



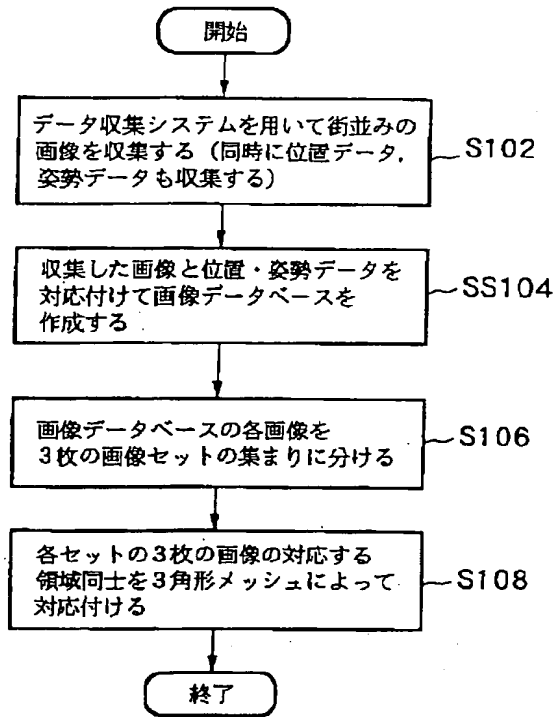
【図 39】



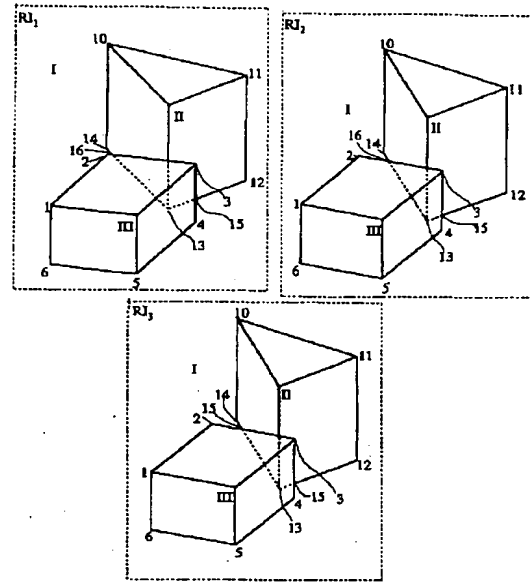
【图 27】



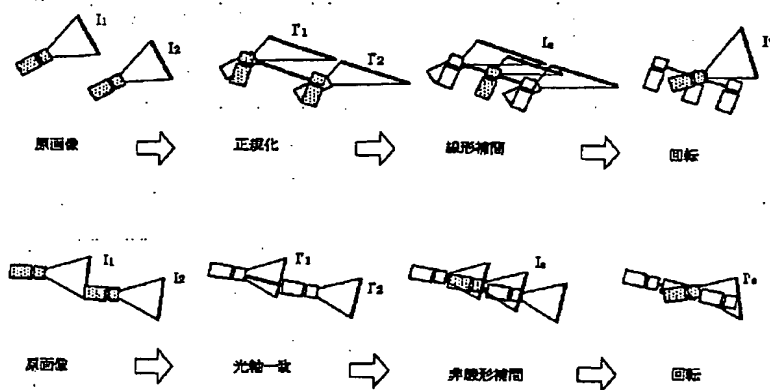
【図22】



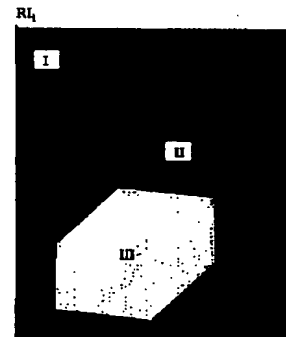
【図34】



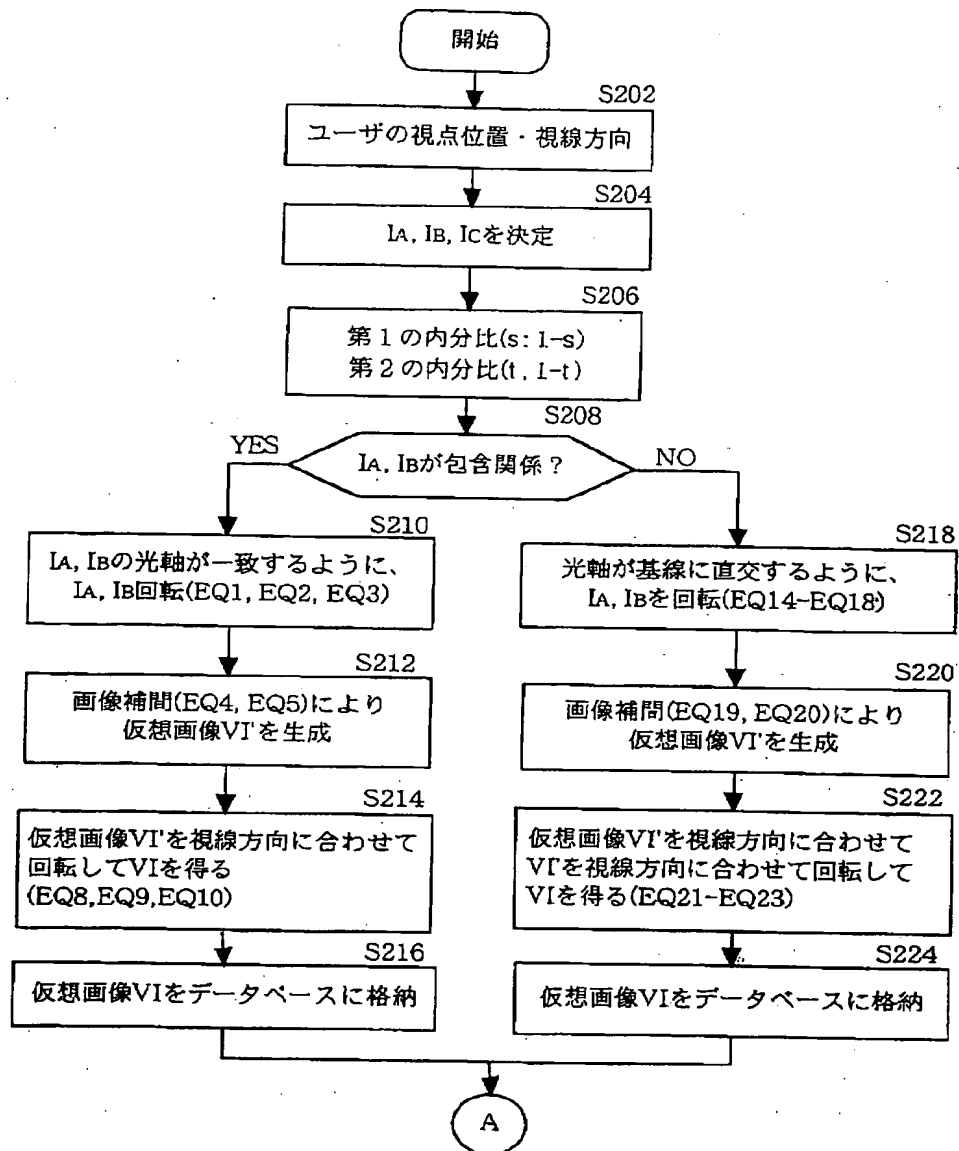
【図28】



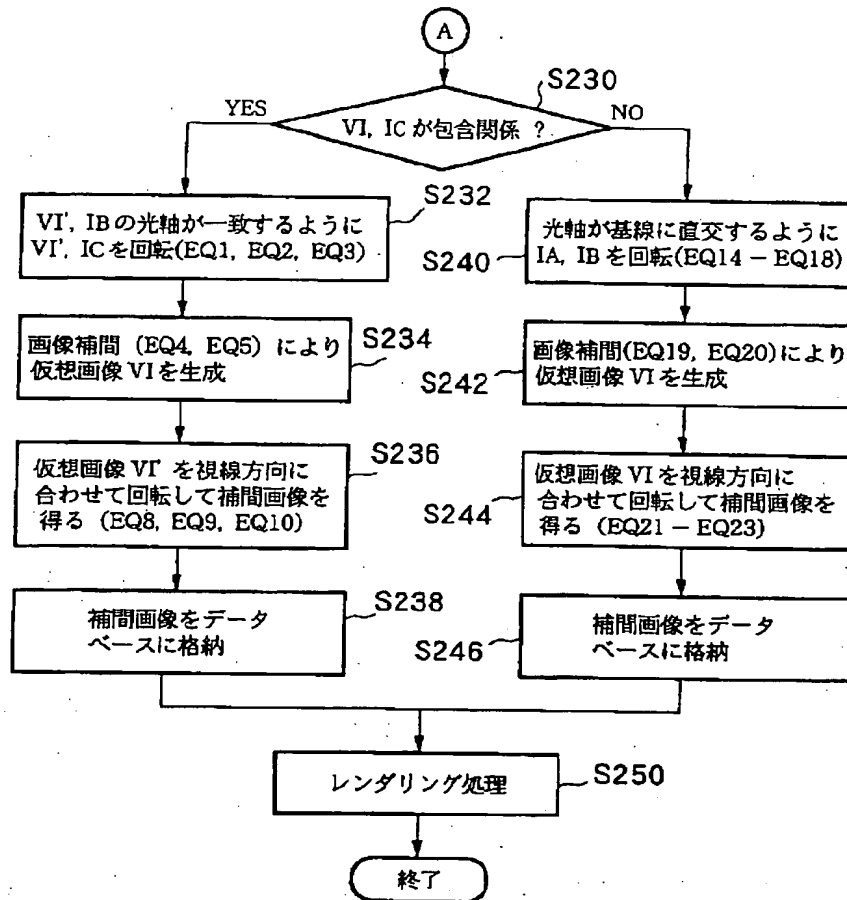
【図41】



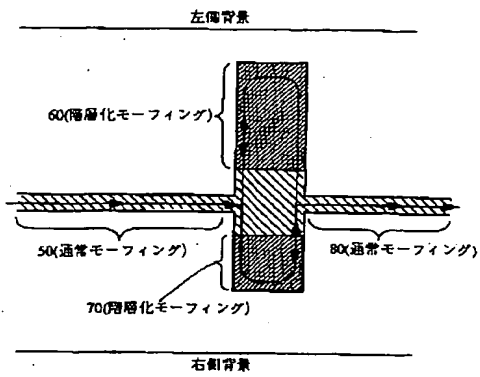
【図24】



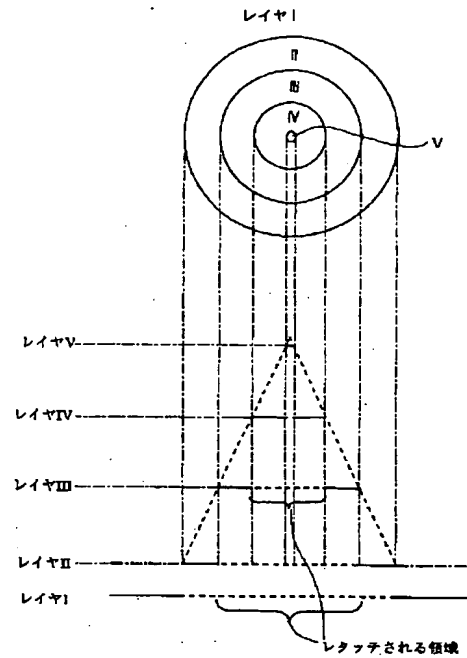
【図 25】



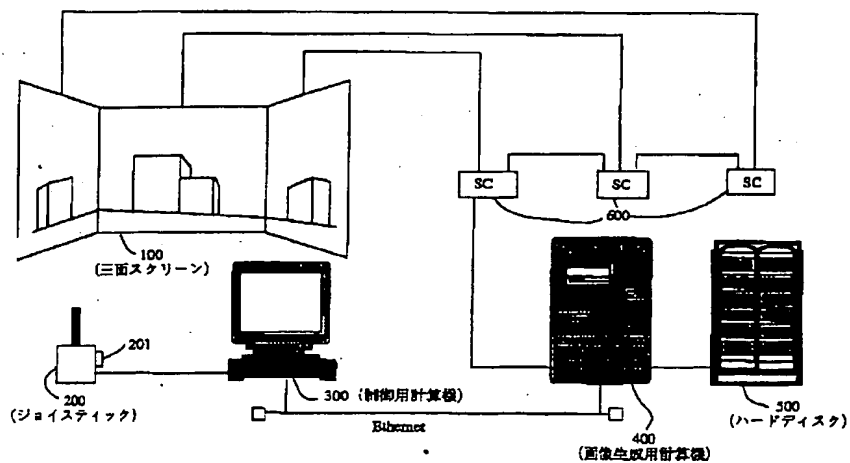
【図29】



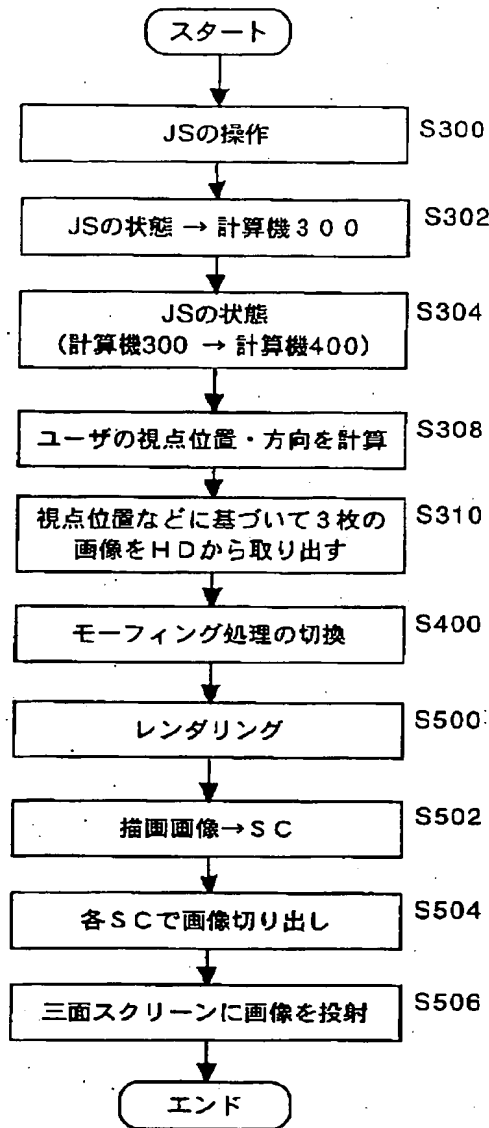
【図37】



【図30】



【図 31】



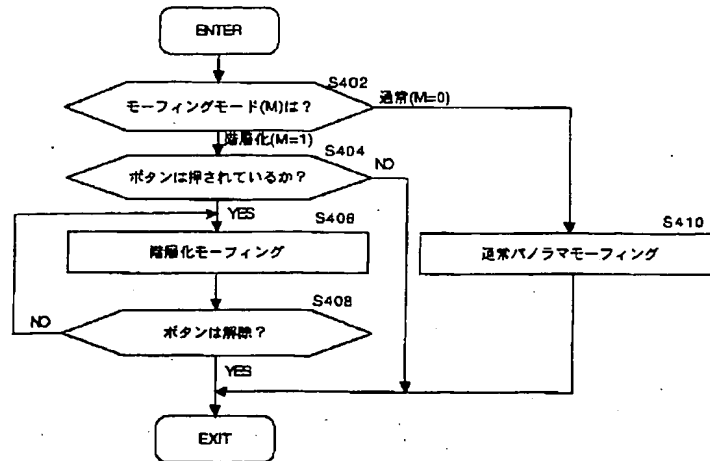
第 31 図

【図 44】

ファイル	編集	表示	書式	ツール
新規作成	カット			
開く	コピー			
保存	ペースト			
プリント	検索・置換			
終了	レイヤ設定			
	オブジェクト設定			
	レイヤ解除			
	オブジェクト解除			
	レタッチ元			
	レタッチ先			

【図32】

第32図

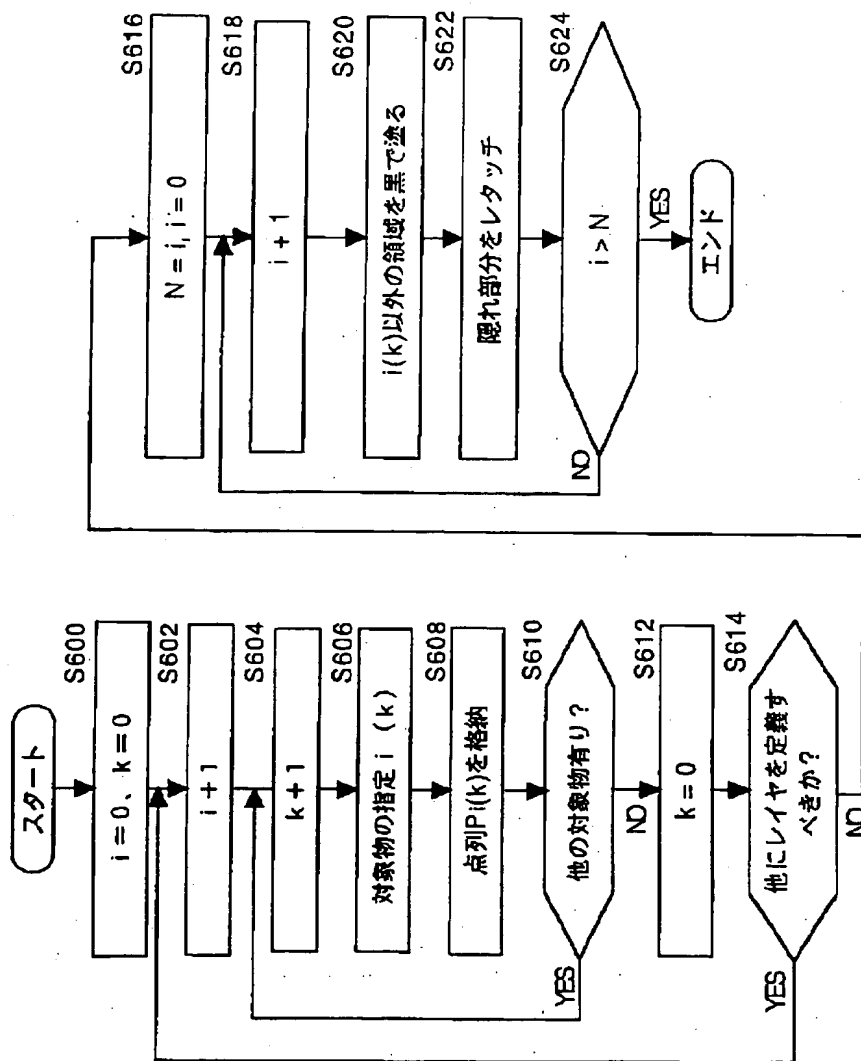


【図42】

画像ID	視点位置	レイヤ番号(i)	対象物1(i=1)	対象物2(i=2)	...	対象物K(i=K)
RI <sub>1</sub>	E1	I	P <sub>1-1</sub> (k=1)	P <sub>1-2</sub> (k=1) (無し)		P <sub>1-K</sub> (k=K) (無し)
		II	P <sub>1-2</sub> (k=1)	P <sub>1-3</sub> (k=1) (無し)		P <sub>1-K</sub> (k=K) (無し)
		III	P <sub>1-3</sub> (k=1)	P <sub>1-4</sub> (k=1) (無し)		P <sub>1-K</sub> (k=K) (無し)
RI <sub>2</sub>	E2	I	P <sub>2-1</sub> (k=1)	P <sub>2-2</sub> (k=1) (無し)		P <sub>2-K</sub> (k=K) (無し)
		II	P <sub>2-2</sub> (k=1)	P <sub>2-3</sub> (k=1) (無し)		P <sub>2-K</sub> (k=K) (無し)
		III	P <sub>2-3</sub> (k=1)	P <sub>2-4</sub> (k=1) (無し)		P <sub>2-K</sub> (k=K) (無し)
RI <sub>3</sub>	E3	I	P <sub>3-1</sub> (k=1)	P <sub>3-2</sub> (k=1) (無し)		P <sub>3-K</sub> (k=K) (無し)
		II	P <sub>3-2</sub> (k=1)	P <sub>3-3</sub> (k=1) (無し)		P <sub>3-K</sub> (k=K) (無し)
		III	P <sub>3-3</sub> (k=1)	P <sub>3-4</sub> (k=1) (無し)		P <sub>3-K</sub> (k=K) (無し)

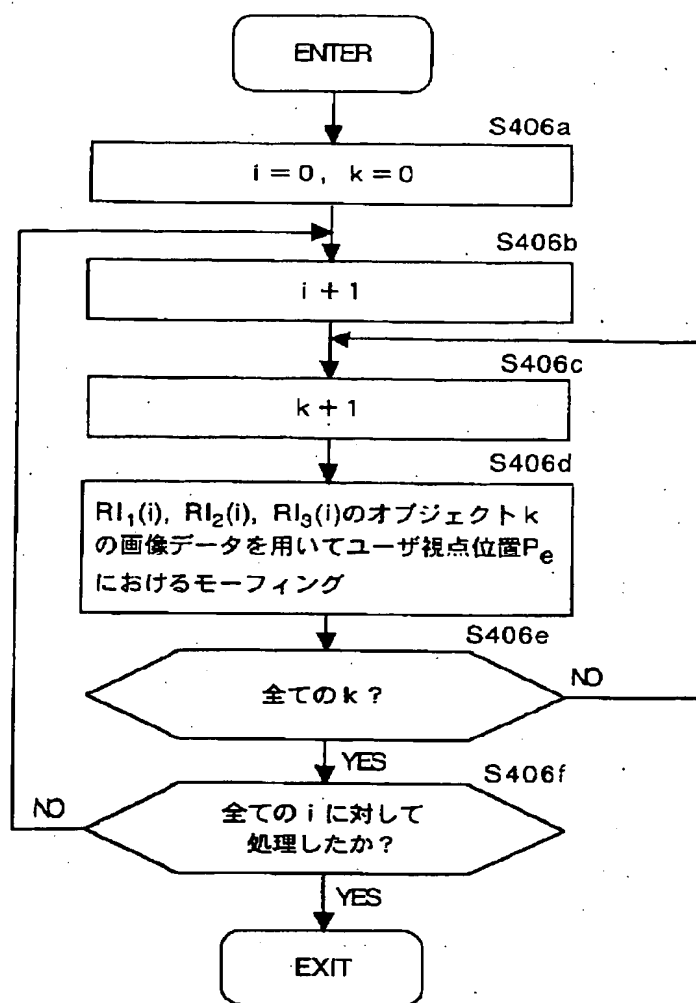


【図 38】



第 38 図

【図43】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5B050 BA11 DA07 EA12 EA19 EA24  
EA27 FA02  
5B057 BA02 CD03 CE08 DA07 DC05  
DC32  
5C023 AA01 AA03 AA34 AA37 AA38  
AA40 CA01 DA04 DA08

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**